

HYDROGEOLOGIE DES ISARTALES  
ZWISCHEN LANDSHUT UND LANDAU UND IHRE  
BEEINFLUSSUNG DURCH STAUANLAGEN

Hermann Weinig

1973  
—



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41554605\\_0046](https://archive.org/details/IA41554605_0046)





HYDROGEOLOGIE DES ISARTALES  
ZWISCHEN LANDSHUT UND LANDAU UND IHRE  
BEEINFLUSSUNG DURCH STAUANLAGEN

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde  
der Fakultät für Geowissenschaften  
der Ludwig-Maximilians-Universität  
zu München

Vorgelegt von  
Hermann Weinig  
aus Marktbreit

München 1972



1. Berichterstatter: Prof. Dr. W.-D. GRIMM
  2. Berichterstatter: Prof. Dr.-Ing. A. MAUCHER
- Tag der mündlichen Prüfung: 26.2.1973.

# Inhalt

|                                                                                      | Seite  |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| Vorwort                                                                              | IV     |
| <br>I. Einleitung                                                                    | <br>1  |
| 1. Geographisch-geologischer Überblick                                               | 1      |
| 2. Hydrogeologischer Überblick                                                       | 2      |
| 3. Aufgabenstellung                                                                  | 3      |
| <br>II. Geologie                                                                     | <br>4  |
| 1. Der tertiäre Rahmen                                                               | 4      |
| 2. Die quartäre Talfüllung                                                           | 7      |
| 2.1. Hochterrasse und ältere Schotterreste                                           | 7      |
| 2.2. Spät- und postglaziale Schotterflächen                                          | 8      |
| 2.2.1. Die Terrassenkörper                                                           | 8      |
| a) Gliederung                                                                        | 8      |
| b) Entstehungsbedingungen                                                            | 10     |
| c) Geologischer Aufbau                                                               | 11     |
| 2.2.2. Decksedimente und Bodenbildung                                                | 20     |
| 2.2.3. Moore                                                                         | 21     |
| a) Moortyp                                                                           | 22     |
| b) Entstehung und Aufbau                                                             | 22     |
| 2.2.4. Schwemmkegel                                                                  | 24     |
| 2.3. Siedlungsgeschichte und Landnutzung                                             | 25     |
| <br>III. Die Hydrogeologie des Isartales und ihre<br>Beeinflussung durch Stauanlagen | <br>28 |
| 1. Die Oberflächengewässer und ihre künstliche<br>Umgestaltung                       | <br>28 |
| 1.1. Die Isar                                                                        | 28     |
| 1.1.1. Wasserführung und Geschiebe                                                   | 29     |

|                                                                                                                 | Seite |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1.1.2. Die Umgestaltung der Isar                                                                                | 30    |
| a) Der natürliche Flußlauf                                                                                      | 30    |
| b) Die Isarregulierung                                                                                          | 31    |
| c) Die Flußentwicklung bis zum Bau der<br>Staufstufen                                                           | 34    |
| d) Die Flußbettumbildung nach dem Stau-<br>stufenbau                                                            | 41    |
| 1.2. Das übrige Gewässernetz der Talaue                                                                         | 49    |
| 2. Die Hydrogeologie des Isartales vor dem<br>Bau der Stauanlagen                                               | 50    |
| 2.1. Hydrogeologische Elemente des Isartales                                                                    | 51    |
| 2.1.1. Die tertiäre Unterlage des quartären<br>Grundwasserleiters                                               | 51    |
| 2.1.2. Tertiärhänge und Schwemmkegel                                                                            | 51    |
| 2.1.3. Altstadt-Stufe und Moore                                                                                 | 52    |
| 2.1.4. Jüngere Schotterstufen                                                                                   | 56    |
| 2.2. Hydrogeologische Zusammenhänge                                                                             | 57    |
| 2.2.1. Analyse von Fließrichtung und Gefälle<br>des Grundwassers                                                | 57    |
| a) Abhängigkeit von der Änderung der geo-<br>logisch-morphologischen Anlage der<br>Schotterkörper im Talverlauf | 57    |
| b) Einfluß des geologischen Aufbaus der<br>Talfüllung                                                           | 59    |
| c) Überlagerung der unter a) und b) ge-<br>nannten Faktoren                                                     | 60    |
| d) Vergleich verschiedener Grundwasser-<br>stände                                                               | 62    |
| 2.2.2. Flurabstände                                                                                             | 63    |
| 2.2.3. Beziehung des Grundwassers zur Isar                                                                      | 64    |
| 2.3. Rekonstruktion früherer Grundwasserstände                                                                  | 65    |
| 3. Die Hydrogeologie des Isartales nach dem<br>Bau der Stauanlagen                                              | 68    |
| 3.1. Die Stauanlagen                                                                                            | 68    |
| 3.2. Die Talstrecke zwischen Landshut und<br>Dingolfing                                                         | 70    |

|                                                           | Seite   |
|-----------------------------------------------------------|---------|
| 3.2.1. Die Seitengräben als Vorfluter                     | 70      |
| 3.2.2. Grundwasseranhebung und ihre Reichweite            | 73      |
| 3.3. Die Talstrecke unterhalb der Staustufe<br>Dingolfing | 78      |
| 3.3.1. Flußbetteintiefung                                 | 78      |
| 3.3.2. Grundwasserabsenkung und ihre Reichweite           | 83      |
| 3.3.3. Beziehung des Grundwassers zur Isar                | 87      |
| a) Grundwasserisohypsen                                   | 87      |
| b) Ganglinienanalyse                                      | 89      |
| c) Untersuchungen während des Sommer-HW<br>1970           | 93      |
| 3.4. Hydrochemische Untersuchungen im<br>Isartal          | 98      |
| <br>IV. Wasserhaushalt                                    | <br>103 |
| 1. Grundwasserabfluß                                      | 103     |
| 1.1. Grundwasserzutritt zur Isar                          | 103     |
| 1.2. Moorentwässerung                                     | 107     |
| 1.3. Isar und Grundwasserstrom der Talaue                 | 107     |
| 2. Grundwassereinzugsgebiet                               | 108     |
| 3. Grundwasserneubildung in der Talaue                    | 109     |
| 4. Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung                  | 110     |
| <br>V. Zusammenfassung                                    | <br>112 |
| <br>Abkürzungen                                           | <br>116 |
| <br>Literaturverzeichnis                                  | <br>117 |



## Vorwort

Die Beziehungen Grundwasser/Oberflächengewässer und ihre Beeinflussung durch anthropogene Einwirkungen sind ein wichtiges Gebiet der Hydrogeologie. Deshalb wurde im Rahmen der hydrogeologischen Arbeiten am Institut für allgemeine und angewandte Geologie und Mineralogie der Universität München unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. W.-D. GRIMM eine Arbeitsgruppe auf diesen Themenkreis angesetzt, wobei vorliegende Arbeit die im Zusammenhang mit flußbaulichen Maßnahmen aufgetretenen Veränderungen der hydrogeologischen Verhältnisse im Tal der Unteren Isar behandelt. Meine Studienkollegen H. DAUSCHEK und S. MÜLLER bearbeiteten Probleme an der Wertach bzw. an der Oberen Isar (Pupplinger Au).

Mein besonderer Dank gilt dem wissenschaftlichen Betreuer, Herrn Prof. Dr. W.-D. GRIMM, der durch stete Bereitschaft zum fachlichen Gespräch den Fortgang der Arbeit förderte. Die Bereitstellung eines Arbeitsplatzes verdanke ich dem Vorstand des o.a. Instituts, Herrn Prof. Dr.-Ing. A. MAUCHER. Herrn Dr. R. HEROLD danke ich für seine freundliche Hilfe vor allem in technischen Dingen.

Die Arbeit wurde gefördert und finanziell unterstützt durch die Bayerische Landesstelle für Gewässerkunde, und zwar im Rahmen eines Forschungsprogrammes unter dem Thema "Untersuchung grundsätzlicher Fragen über die Auswirkungen von Stauanlagen auf das Grundwasser". Die Mittel standen zur Verfügung aus dem Haushalt des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten und des Landes Bayern. Für diese Unterstützung möchte ich mich herzlich bedanken. Besonderen Dank schulde ich für vielfältige Hilfe den Leitern des zuständigen Referates "Hydrographie des Grundwassers" der Bayerischen Landesstelle für Gewässerkunde, Herrn Regierungsbaudirektor J. HOFBAUER und seinem Nachfolger, Herrn Regierungsbaudirektor R. KÖNIG sowie aus gleichem Hause Herrn Regierungsbaudirektor Dr. K. SCHEURMANN, Herrn Dipl.-Geol. K. CRAMER und Herrn Ing. R. EVERMANN.

Die Arbeit stützt sich vor allem auf Datenmaterial der Bayernwerk AG. Die Erlaubnis zur Einsichtnahme in das reiche Archivmaterial verdanke ich Herrn Dr. W. BÄHR † und Herrn Dr. W. RICHTER. Besonderen Dank schulde ich auch allen Herren, die mir beim Aufsuchen des Materials in entgegenkommender Weise behilflich waren.

Am Institut für Wasserchemie und Chemische Balneologie der TU München hatte ich die Möglichkeit, mit modernen Geräten chemische Wasseranalysen durchzuführen. Für die Erlaubnis hierzu sei dem Vorstand des Institutes, Herrn Prof. Dr. K.-E. QUENTIN, für stete freundliche Hilfsbereitschaft Herrn Dr. M. BAUMANN, Herrn Dr. P. UDLUFT und Herrn Dipl.-Geol. H. WINKLER herzlich gedankt.

Für die Erlaubnis zur Einsichtnahme in Archivmaterial und für sonstige Hilfen sei weiterhin folgenden Förderern der Arbeit und folgenden Dienststellen herzlich gedankt: Herrn Prof. Dr. F. NEUMAIER und Herrn Dr. H. BEHRENS, Institut für Radiohydrometrie, München; den Herren des Wasserwirtschaftsamtes Landshut; Herrn Dr. M. SCHUCH, Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz; Herrn Dr. K. SÖLLNER, Bayerisches Landesamt für Wasserversorgung und Gewässerschutz; Herrn Oberstleutnant E. THALER, Militärgeographische Abteilung des Wehrbereichskommandos VI; den Herren des Bayerischen Geologischen Landesamtes, des Bayerischen Landesvermessungsamtes, des Wetteramtes München sowie der Landwirtschaftsämter Landshut, Dingolfing und Landau.

## I. Einleitung

### 1. Geographisch-geologischer Überblick

Die Münchener Schotterebene verengt sich nach Norden trichterartig und geht bei Moosburg in das Tal der Isar über. Dieses durchschneidet als ein Band von wenigen Kilometern Breite unter ENE gerichtetem, gestrecktem Verlauf das Tertiär des niederbayerischen Hügellandes und weitet sich erst gegen die Donauniederung wieder auf. Von Landshut an spricht man vom Tal der "Unteren Isar", auf das sich bis in die Gegend von Landau die Untersuchungen der vorliegenden Arbeit beziehen.

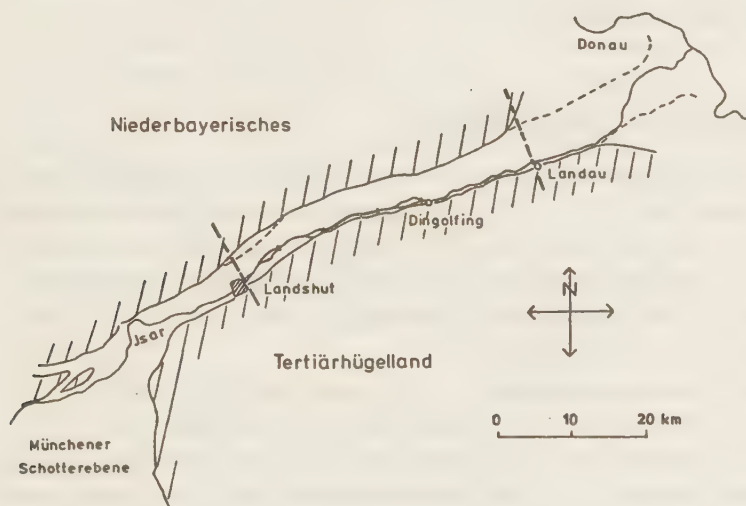


Abb. 1: Geographische Lage des Arbeitsgebietes

An der Unteren Isar ist der Typ eines im periglazialen Bereich entstandenen Tales mit kastenförmigem Querschnitt besonders gut ausgeprägt. Dieses ist eingesenkt in die Sedimente der Oberen Süßwassermolasse. Die umgebenden Anhöhen des Tertiärhügellandes erheben sich bis zu 100 m über den Talboden

und treten nahe an den Talrand heran, bevor sie steil abfallen. Die Talfüllung besteht vor allem aus spät- und postglazial in mehreren Phasen geschütteten Kiesen, die in Terrassen angeordnet sind. Diese sind einseitig links der nahe am südlichen Talrand fließenden Isar angelegt. Die nördliche Hälfte des Tales bedecken Flachmoore.

Da die oberflächliche Wasserscheide der Unteren Isar nur in einem Abstand von wenigen Kilometern vom Fluß verläuft, ist dieser arm an natürlichen Zuflüssen. Nur Bäche geringer Wasserführung treten aus dem tertiären Hinterland aus. Viele Seitentäler, besonders die des Nordrandes, liegen die meiste Zeit des Jahres trocken. Das Gewässernetz des Talbodens besteht hauptsächlich aus künstlich angelegten Moorgräben, Grundwassergräben und Mühlbächen.

## 2. Hydrogeologischer Überblick

Die quartären Talkiese sind von Grundwasser erfüllt, das vor allem durch Zutritt aus dem umgebenden Tertiär erneuert wird und nach Durchströmen des Tales in der Isar seine Vorflut findet. Die Unterlage des quartären Grundwasserstockwerkes bilden die tertiären Sand-Ton-Mergel-Folgen des "Flinz" und dichtgelagerte Kleinkiese.

Die Grundwasserbewegung im Tal wird bestimmt von der relativen Höhenlage des Kieskörpers zum Vorfluter. Der geologische Aufbau der Kiesfüllung und die Moorbedeckung wirken nur modifizierend auf die Grundwasserströmung ein. Der Isarlauf unterlag in der jüngeren quartären Vergangenheit fortlaufend natürlichen, in der jüngsten historischen Vergangenheit dagegen künstlichen Veränderungen. Hier sind besonders Isarregulierung und Staustufenbau zu nennen. Neben diesen den Hauptvorfluter betreffenden Maßnahmen wurden mit der Umgestaltung oder der Neuanlage von Bächen und Gräben sowie durch die Teilentwässerung der Moore weitere Eingriffe in den Grundwasserkörper des Tales vorgenommen. Insgesamt bewirkten diese künstlichen Eingriffe eine Absenkung des Grundwassers.

### 3. Aufgabenstellung

Das zentrale Thema der vorliegenden Arbeit behandelt die Veränderung des Grundwasserkörpers durch den Bau der Staustufenkette von Altheim bis Dingolfing. Es wurde jedoch schwerpunktmäßig in die gesamte geologisch-historische Entwicklung des Isartales gestellt.

Deshalb war zunächst die Entstehungsweise und damit der geologische Aufbau der Talfüllung zu untersuchen, wobei sich mehrere hydrogeologisch bedeutsame Bauelemente zeigten. Diesen natürlichen Gegebenheiten des quartären Grundwasserkörpers wurden die durch wasserbauliche Maßnahmen hervorgerufenen Veränderungen des Vorflutwasserspiegels gegenübergestellt. Hierbei standen die Vorgänge der Flußbettumbildung unterhalb von Stauanlagen im Vordergrund. Anhand von langjährigen Grundwasserbeobachtungen wurden sodann die mit dem Bau der Staustufenkette Altheim - Dingolfing aufgetretenen Veränderungen des Grundwasserkörpers zahlenmäßig erfaßt und ihr Ausmaß hydrogeologisch begründet.

Soweit zum Verständnis oder zur Abrundung der Arbeit beitragend, wurden auch einige mehr am Rande liegende Themen wie z.B. Hydrochemie oder Wasserhaushalt behandelt.

## II. Geologie

### 1. Der tertiäre Rahmen

Die vom Taltrog angeschnittenen Tertiärsedimente werden vom Hangenden zum Liegenden gegliedert in:

Hangendserie, verzahnt mit Moldanubischer Serie

Hangender Nördlicher Vollschocter (HNVS)

Süßwasserkalk (SWK)

Liegender Nördlicher Vollschocter (LNVS)

Fluviatile Süßwasserschichten (SWS fl)

Limnische Süßwasserschichten (SWS li)

Die Limnischen Süßwasserschichten werden der Süßbrackwassermolasse zugerechnet, die den Übergang der Oberen Meeresmolasse zur überlagernden Oberen Süßwassermolasse darstellt.

Frühere Bearbeiter des Tertiärs im Talabschnitt der Unteren Isar sind APIN (1967), BATSCHE (1957), v.BERCHEM (1966), BLISSENBACH (1957), G. MEIER (1965) und SCHIRM (1964), auf die sich die hier gemachten Angaben stützen. B. HOFMANN ist derzeitiger Bearbeiter des Gradabteilungsblattes Nr.7439 Landshut Ost. Zusätzlich zu den Angaben obiger Autoren wurden zahlreiche im Isartal in Flußnähe niedergebrachte Bohrungen (Bayernwerk AG, WWA Landshut) ausgewertet.

Aus diesen Bohrungen, sowie aus Schußpunktprofilen (seismische Erdölprospektion im Raum Landau) geht die unruhige Lagerung der stratigraphischen Einheiten hervor. Ihre Schichtgrenzen sind meist durch Erosionsdiskordanz gekennzeichnet, ihr innerer Bau zusätzlich durch fazielle Unterschiede und Übergänge kompliziert. Schichtwechsel sind häufig durch Wechsellagerung von Liegend- und Hangendmaterial verwischt. In diesem Sinne ist das geologische Schemaprofil längs des Isartales der Abb. 2 zu werten.

Der Wirklichkeit nahe kommt der auf Taf. 2 dargestellte geologische Aufbau des tertiären Taluntergrundes. Das geologische Längsprofil ist nach Bohrungen zusammengestellt, die in Flußmitte und am linken Isarufer niedergebracht wurden. Bei Lückenhaftigkeit wurde das Profil durch entsprechende Bohrungen

am rechten Ufer ergänzt. Die leicht nach NW einfallenden Tertiärschichten werden vom Talboden von Altheim bis Landau vom Hangenden zum Liegenden geschnitten. Das Schemaprofil der Abb. 2 ist auf den südlichen Talrand zu beziehen. Am Nordhang ist das Tertiär größtenteils verdeckt, jedoch dürfte die gesamte Folge wenige Meter tiefer anzutreffen sein.

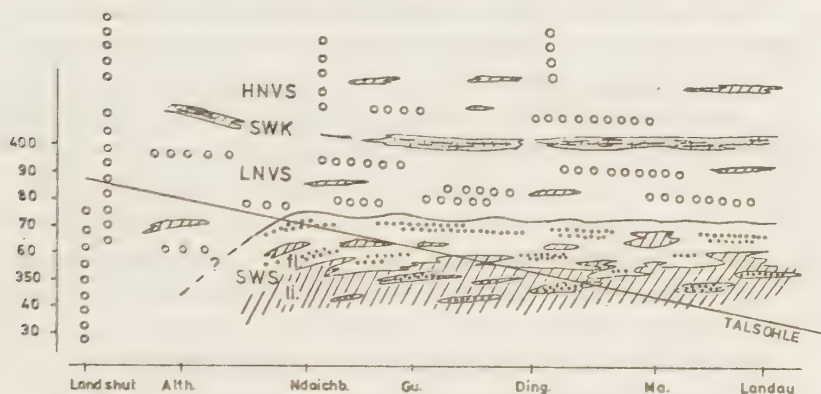


Abb. 2: Geologisches Schemaprofil entlang des südlichen Talhanges

Die Limnischen Süßwasserschichten stellen eine wechselhafte Serie von miteinander verzahnten oder ineinander übergehenden Lagen und Linsen aus glimmerreichen Feinsanden, Schluffen, Mergeln und untergeordnet Tonen dar. Man unterscheidet eine mergelige und eine sandige Ausbildung, die jedoch nicht streng zu trennen sind und sich auf die statistische Häufigkeit von Sand- und Mergellagen beziehen. Nach Taf. 2 herrschen bei Dingolfing unter dem Talquartär die Sande vor, während bei Landau die Mergel zunehmen. Die als schlecht durchlässig bis wasserstauend zu bezeichnenden Feinsedimente werden - besonders bei mergelig-toniger Ausbildung - auch als Flinz bezeichnet.

Die Fluviatilen Süßwasserschichten sind flächenhaft erosiv, aber auch rinnenartig in das Relief der liegenden limnischen Sand-Mergel-Serien eingelagert.

Es handelt sich um gut sortierte Kleinkiese mit reichlicher Karbonatführung und zurücktretendem sandigem Zwischenmittel. Die Grenze zwischen den limnischen Feinsedimenten und den fluviatilen Kiesen ist nicht immer streng durch eine einzige Erosionsdiskordanz gekennzeichnet. Vielmehr kündigen sich gelegentlich die Kiese zunehmend durch Einschaltungen in den höheren Lagen der Mergel und Sande an, wie auch diese noch in den Kiesen auftreten. Die Kiese bilden etwa von Dingolfing an talaufwärts zunehmend den tertiären Taluntergrund.

Die Obergrenze der Süßwasserschichten streicht am Isarhang aus, ist aber meist verdeckt. Zahlreiche, z.T. kalktuffabsondernde Schichtquellen zeigen die Oberkante der Mergel an, die als Mindestobergrenze der Süßwasserschichten zu gelten hat, da sie von den fluviatilen Süßwasserkiesen überlagert sein können. Das Auftreten dieser Kiese im Dach der Süßwasserschichten erstreckt sich über eine Profilhöhe von 25 m und darüber.

Die Grenze zu den überlagernden Tertiärschottern ist generell durch eine Diskordanz gekennzeichnet, die aber mehr den Charakter einer Verebnungsfläche annimmt. Die Schotter werden durch die Einschaltung des sog. Süßwasserkalkes in den L i e g e n d e n und den H a n g e n d e n N ö r d l i c h e n V o l l s c h o t t e r getrennt. Beim Liegendteil handelt es sich um Grobschotter mit reichlich sandigem Zwischenmittel. Konglomeratbänke treten auf. Nach BLISSENBACH (1957) sind die Schotter zusammengesetzt aus 72 % Quarz, 10 % Kristallin und 18 % Sedimenten (Karbonate, Sandsteine). Ihre Mächtigkeit beträgt bei Gummering 25-30 m. Die Hangendschotter sind in der Regel feinkörniger als das Liegende. Die Grobschotterlagen treten zugunsten von Fein- und Mittelkiesen zurück. Der Nördliche Vollschotter bildet vor allem die Talhänge. Kurz vor Landshut erfolgt eine starke Zunahme ihrer Mächtigkeit, die auf etwa 200 m geschätzt wird. Westlich Altheim lösen die Schotter die fluviatilen Kleinkiese als Unterlage des Talquartärs ab und bilden in Landshut allein den tertiären Untergrund.

In die Schotter, vor allem in deren Hangendteil sind Mergellagen bis zu einigen Metern Mächtigkeit eingeschaltet. Es

handelt sich meist um unbeständige, auskeilende Lagen in verschiedenen Höhenniveaus. Lediglich die im Dach der Hangendschotter gehäuft anzutreffenden Mergelpakete weisen größere Horizontbeständigkeit auf und werden als "Zwischenmergel" bezeichnet.

Der sog. Süßwasserkalk, die trennende Lage zwischen Liegendem und Hangendem Nördlichen Vollsotter, besitzt unterschiedliche Ausbildung. Meist stellt er ein kalkiges oder dolomitisches Feinsediment in Form einer weißen, bröckeligen Masse mit knolligen und konkretionsartigen Gebilden dar. Auch Übergänge zu hartem, porösem, plattigem Kalkstein treten auf. Der Süßwasserkalk erreicht Mächtigkeiten bis zu 5 m. An der Basis tritt häufig eine bis 1,5 m mächtige Staubsandlage auf.

Über den Schottern folgt die "Sand-Mergel-Decke". Die auflagernde "Hangendserie" ist als Kleinkiesfazies, unterbrochen von Sanden, Tonen und Mergeln, ausgebildet. Sie tritt erst auf den mehr vom Tal abgerückten Höhen in Erscheinung.

Überlagert werden die Tertiärhügel von einer z.T. mehrere Meter mächtigen Lößdecke, die auf den Hochflächen, daneben vor allem auf den Osthängen der Seitentäler verbreitet ist.

## 2. Die quartäre Talfüllung (s.Taf.1)

### 2.1. Hochterrasse und ältere Schotterreste

Hochterrassenschotter sind auf der erosionsgeschützten Talstrecke Altheim - Ergolding - Mettenbach und bei beginnender Aufweitung des Isartales gegen die Donauniederung im Raum Großköllnbach erhalten. Die Kalkschotter sind von Lößlehm überdeckt, dessen Mächtigkeit im allgemeinen 2-3 m beträgt und erst gegen die Tertiärhöhen durch Schwemmlösauflagerungen zunimmt (z.B. 8 m in der Ziegeleigrube Altheim). Ebenso ist die Terrassenstufe zu den tieferen Schottern des eigentlichen Talbodens durch vorgelagerte Schürzen abgeschwemmten Materials unscharf ausgebildet. Die Höhe von Hochterrasse und Lehmdecke über dem Talboden beträgt 8 m bei Altheim und 6 m bei Großköllnbach.

Schotter aus früheren pleistozänen Füllungen des Isartales sind reliktsch am südlichen Steilhang des Isartales erhalten. Die geschichteten, z.T. als Konglomerate ausgebildeten Schotter verdecken den Tertiärhang als tapetenartige Anlagerung meist in der unteren Hanghälfte. Nach BATSCHE (1957) lassen sich Schichten aus Isarkies und umgelagerten Tertiärsedimenten (Vollschotter und Hangendserie) unterscheiden.

## 2.2. Die spät- und postglazialen Schotterflächen

Abgesehen von den wenigen Resten alt- und mittelpleistozäner Schotter besteht die Talfüllung aus spät- und postglazialen Ablagerungen. Als Reste der eigentlichen Niederterrasse sind möglicherweise die der Hochterrasse bei Altheim und Großköllnbach vorgelagerten, morphologisch nur schwach vom Talboden abgehobenen Terrassenstreifen anzusprechen. Den gesamten übrigen Talboden bildet jedoch Material, das während und nach dem Rückzug des Eises aus den Moränengebieten, aber auch aus den Schottervorfeldern ausgeräumt und zu jüngeren Schotterflächen umgelagert wurde. Diese wurden nach Abschluß ihrer Bildung zum Großteil von Hochwassersedimenten, Mooren und Schwemmkegeln überdeckt.

Von vornherein fällt die asymmetrisch zonale Gliederung des Talbodens auf: Der heutige Isarlauf ist fast ausschließlich an den südlichen Talrand angelehnt. Die den Fluß im Norden begleitende Talaue ist morphologisch geprägt von zahlreichen trockenliegenden Flußschleifen, die sich z.T. in Arkadenform aneinanderreihen und Terrassenstufen hervortreten lassen. Dieses lebhafte Relief wird von der Talmitte an durch eine Moorauflage ausgeglichen.

### 2.2.1. Die Terrassenkörper

#### a) Gliederung

In der Talaue konnte eine Folge von fünf terrassenartig angeordneten Schottereinheiten unterschieden werden (Taf.1). Die Untergliederung wurde vor allem aufgrund geomorphologischer Merkmale vorgenommen. Dies geschah

durch stereoskopische Auswertung von Luftbildern in Verbindung mit Geländekartierung. Gestützt oder ergänzt wurde diese Unterteilung besonders durch b o d e n k u n d l i c h e B e f u n d e und s i e d l u n g s g e s c h i c h t l i c h e M e r k m a l e . Später stellten sich auch spezielle hydrogeologische Eigenschaften für bestimmte Terrassenkörper heraus.

Die Schotter sind mit den von BRUNNACKER (1959) auf Blatt Freising Süd untergliederten und altersmäßig eingestuften Schottereinheiten zu parallelisieren, weshalb auch die dort aufgestellte Nomenklatur angewandt wird. B.HOFMANN, derzeitiger Bearbeiter des Blattes Landshut Ost, übernimmt ebenfalls BRUNNACKERS Schema. Die Terrassenflächen des Arbeitsgebietes werden deshalb nach zunehmendem Alter benannt mit:

Zeit d.Aufschotterung nach BRUNNACKER

|                   |                                    |
|-------------------|------------------------------------|
| Auwald-Stufe      | subrezent                          |
| Dichtl-Stufe      | Mittelalter, beginnende Neuzeit,   |
| Lerchenfeld-Stufe | Subatlantikum (seit 600 v.Chr.)    |
| Pulling-Stufe     | Subboreal (seit 2500 v.Chr.)       |
| Altstadt-Stufe    | frühes Spätglazial (~seit 14 000). |

Diese Schottereinheiten begleiten die Isar in zonaler Anordnung, wobei ihr Alter zum Fluß hin abnimmt.

Im folgenden einige Erläuterungen zur Methodik von Geländekartierung und Luftbildauswertung: Im Gelände fallen zunächst zahlreiche, unterschiedlich markant ausgebildete Flußschleifen auf. An die Prallhänge mancher Altarme schließt sich ein höheres Niveau an, wodurch eine wirkliche Geländestufe entsteht, während andere lediglich in ein zu beiden Seiten gleich hohes Niveau eingetieft sind. Die Terrassenstufen (im Durchschnitt 1,5 m hoch) lassen sich unterschiedlich gut und weit verfolgen. Häufig sind sie auf natürliche Weise zerstört oder anthropogen, z.B. durch Bebauung, unkenntlich gemacht. Auch sind Flächen gleichen Niveaus wegen der verhältnismäßig geringen Höhendifferenzen zwischen den einzelnen Terrassenflächen für den im Gelände Kartierenden über einige Entfernung hinweg oft nicht zu parallelisieren. Mit Hilfe stereoskopischer Luftbilder eröffnet sich jedoch dem Beschauer ein weites Areal, in

dem es leichter fällt, Terrassenflächen als niveaugleich und somit als zusammengehörig zu erkennen. Durchlaufende Terrassenkanten lassen sich durch den größeren Überblick von nur örtlich ausgebildeten Geländestufen besser unterscheiden und auch über Unterbrechungen hinweg verfolgen.- Trotzdem war auf eine Kontrolle der Luftbilddauswertung durch Geländearbeit nicht zu verzichten.

Die geologischen Vorgänge des Spät- und Postglazials führten naturgemäß nicht immer zur Ausbildung scharfer Grenzen, weshalb die Gliederung der Talaue an wenigen Stellen offen oder unsicher blieb. Generell aber besitzt die vorliegende geologische Karte große Genauigkeit.

#### b) Entstehungsbedingungen

Drei Ursachen sind erkennbar, durch deren Zusammenspiel diese deutliche Terrassengliederung des Isartales und damit auch dessen hydrogeologische Merkmale geschaffen wurden:

- ein schrittweiser Abflußrückgang nach der Eiszeit
- die Hebungszone der Landshuter Schwelle, die das Isartal etwa bei Landshut/Altheim rechtwinklig quert
- eine nicht definierbare, jedoch lateral auf das Tal einwirkende, wahrscheinlich tektonische Bewegung.

Noch im Spätglazial war die gesamte Talbreite von Schmelzwässern überflutet. Im Laufe der Nacheiszeit verminderte sich der Abfluß stufenweise und zog sich unter Einengung der aktiven Geschiebezone auf immer schmalere Talbereiche zurück. Zuletzt nahm er das vor der Isarregulierung noch ausgelastete Wildwasserbett ein. Dieses Abflußgeschehen war verbunden mit einem mehrfachen Wechsel von Akkumulations- und Erosionsperioden, die zur Ausbildung des oben genannten Terrassenbaus führten. Die Terrassenkörper stellen eine Fortsetzung der schon von TROLL (1926) beschriebenen und von BRUNNACKER (1959) untergliederten "Garchinger Schotterzung" dar.

Die Form des tief in seine Umgebung eingeschnittenen, langgestreckten und im Vergleich zu Alpenflüssen ähnlicher Wasserführung auffallend schmalen Isartales führt SCHAEFER

(1968) auf antezedentes Einschneiden entgegen der Hebung der Landshuter Schwelle zurück. In dieser geradlinigen Rinne konnten die Wässer in ungehindertem Lauf das Tal durchströmen, wodurch die Schüttung ebenmäßiger Schotterkörper erfolgte. Nach BÜDEL (1963) kann es in Tälern des Periglazialgebietes zu einer leichten Aufwölbung der Oberfläche in Talmitte kommen. Eine solche Wölbung in der Mitte der jeweiligen Terrassenfläche ist infolge der verstärkten Akkumulationstätigkeit im kaum abgelenkten Stromstrich auch bei den Schotterkörpern des Isartales festzustellen.

Da die Hebungsvorgänge der Landshuter Schwelle bis heute aktiv sind, bewirkten sie die Hebung trockengefallener Schotterflächen und machten so die Schotterkörper bei gleichzeitigem Schutz vor späterer Zerstörung morphologisch sichtbar.

Ebenfalls bedeutend für die Anlage der Terrassenflächen ist die stetige Verlagerung des Abflusses nach Süden. Dadurch blieben jeweils die Nordteile trockengefallener Schotterflächen erhalten. Ansonsten hätte die das Tal nicht mehr ausfüllende Strom durch eine im Tal pendelnde Geschiebezona die älteren Schüttungskörper weitgehend wieder zerstört. Dieser Südtrend tritt so klar hervor, daß für ihn eine seitlich auf das Tal einwirkende Kraft, wahrscheinlich ein regional begrenzter tektonischer Vorgang angenommen werden muß. Eine geringfügige Kippung würde z.B. ausreichen, den Abfluß nach Süden abzudrängen.

### c) Geologischer Aufbau

Das Schottermaterial: Die Falschotter bestehen aus meist mittelmäßig sortierten, gut gerundeten Kiesen der Fein-, Mittel-, untergeordnet auch der Grobfraction mit stark wechselndem Anteil an sandigem Zwischenmittel (Abb. 3). Zwischen den Schotterkörpern bestehen Unterschiede in der Korngrößenverteilung und im Schichtbild (s.u.).

Petrographisch stellen die schmutzig grauen Kiese Karbonatschotter dar, in denen untergeordnet Kristallin-, Quarz- oder Sandsteinkomponenten auftreten. Auch in der Sandfraction überwiegt der Karbonatanteil. In den oberen Partien der hang-

nahen Talschotter mögen durch Zufuhr aus dem tertiären Hinterland Quarzgerölle etwas stärker vertreten sein. An der Basis der Quartärschotter finden sich auch bis zu 1 m mächtige Mischlagen aus Quartär und aufgearbeiteten tertiären Feinsedimenten oder Kiesen.

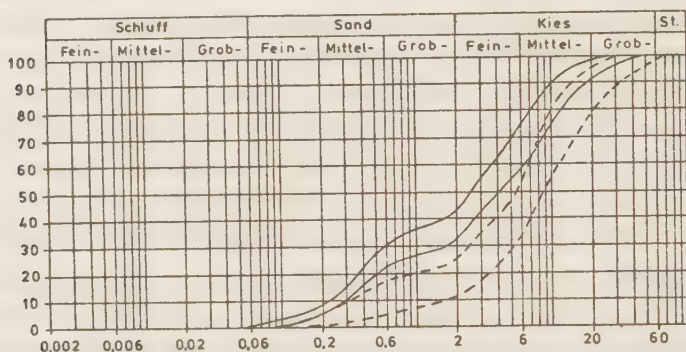


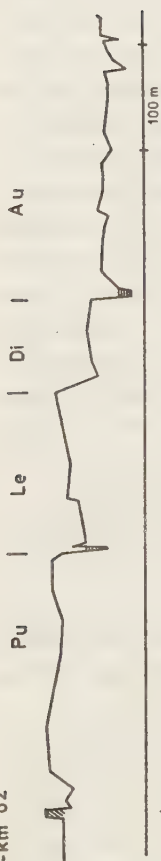
Abb. 3: Korngrößenverteilung der Talkiese  
 --- = jüngere Schotter (Kornverteilungsband von 6 Proben)  
 — = Altstadt-Stufe (2 Proben)

Lagerung und geologischer Aufbau (s.Abb. 5): Die Altstadt-Stufe, ehemals das Tal in ganzer Breite überspannend, blieb bis zum Scheitelpunkt ihrer flachen Wölbung erhalten und nimmt heute die Nordhälfte des Tales ein. Die abgedeckten Schotter steigen also leicht gegen die Talmitte hin an und stellen dort auch heute einen etwas höher gelegenen Rücken dar.

Die vier jüngeren Terrassen sind auf die Südhälfte des Tales zusammengedrängt. Am deutlichsten zu erkennen und als einzige vollständig erhalten ist die Auwald-Stufe. In dieser floß die Isar noch vor ihrer Regulierung als Wildfluß mehrarmig aufgeteilt und häufig ihren Lauf verlagernd. Die Oberfläche dieser subrezent. Stufe liegt deutlich unter denen der älteren Stufen und ist gegen sie durch die Prallhänge ihrer randlichen Flußschleifen deutlich abgegrenzt. Ihr junges Relief zeichnet sich jedoch auf der ganzen Fläche durch besonders scharf geschnittene

Abb. 4:

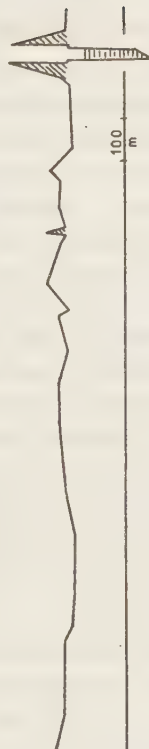
a. Fluß-km 62



b. km 61



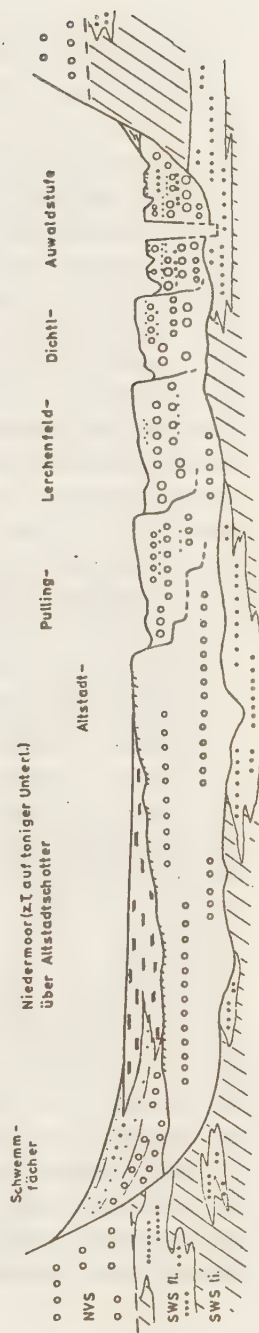
c. km 36,5



Querschnitte durch die südliche Talhälfte (Profile nach BAG); a) und b) klar hervortretende Terrassenstufen im Westen; c) talabwärts zurücktretende morphologische Gliederung

Abb. 5:

Geologischer Aufbau der Talfüllung (Schema)



Rinnen aus, die durch den künstlichen Eingriff der Isarregulierung - im Gegensatz zu den Altarmen älterer Terrassen - p l ö t z l i c h trockengelegt wurden.

Die drei zwischen Auwald- und Altstadt-Stufe liegenden Terrassen bilden nicht immer durchgehende Niveaus. Sie sind häufig ineinander verschachtelt und verdrängen sich gegenseitig. Flächenmäßig ist die Pulling-Stufe vor den Lerchenfeld- und Dichtl-Schottern - analog ihrer altersmäßigen Abstufung - am stärksten vertreten. Die Dichtl-Stufe tritt dabei oft nur noch inselartig zwischen den Flächen der Lerchenfeld- und Auwald-Stufe auf. Auch die Oberflächen der älteren Terrassen sind von flachen ehemaligen Flußschleifen durchzogen, von denen vor allem die im Norden liegenden Prallhänge erhalten blieben. Diese können kleinere Geländestufen verursachen bzw. durch die oft weit ausfächernden, nur langsam auf das normale Terrassenniveau wieder ansteigenden Gleithänge den Beginn eines höheren Terrassenniveaus vortäuschen. Jedoch treten Prallhänge, die echte Terrasseneinheiten abgrenzen, morphologisch meist dadurch besonders hervor, daß sie ein höheres Terrassenniveau angreifen.

Die Veranschaulichung des Abflußgeschehens trägt zum Verständnis der Lagerung der Terrassenkörper zueinander und deren inneren geologischen Bau bei: Den weitaus größten Teil der Akkumulationsarbeit leisteten die im Periglazialraum im Sommer auftretenden Schmelzhochwässer, die schichtflutartig das Tal überspülten. Im Winter kam es zu einem starken Rückgang des Abflusses, der die sommerliche Geschiebezone nicht mehr ausfüllte und so zunehmend zu mäandrieren begann. Infolge der gewölbten Oberfläche zog sich das mäandrierende Niedrigwasser auf die tieferen Randbereiche zurück und erodierte dort die höherliegende ältere Terrasse an. Deshalb finden sich die ausgeprägtesten Flußschlingen vor allem am Fuße der Terrassen. Besonders stark ausschlagende Mäander können diese vollkommen zerstören und so gegen die nächst höhere Terrasse vordringen. Der arkadenartige Verlauf der Terrassengrenzen kommt durch die Kurzlebigkeit der Flußschleifen und das Vordringen neu angelegter Arme wie auch ihr Talabwärtswandern zustande.

Die Terrassenhänge setzen sich - im Gegensatz zu reinen Erosionsterrassen - als geologische Grenzen in den Untergrund fort. Anhaltspunkte dafür bieten die Kornverteilungskurven (Abb. 3) von Bohrgut, das laufend bis auf die tertiäre Unterlage entnommen wurde. Sie weisen auf Unterschiede in der Kornzusammensetzung der Terrassen hin. In den Kiesgruben von Auwald- und Dichtl-Stufe finden sich im Gegensatz zu allen älteren Stufen abgerollte Ziegelstücke und Tonscherben als Charakteristikum. Hierbei unterscheidet sich wiederum die Auwald-Stufe durch besonderen Reichtum an solchen Relikten. Die Aufschlußhöhen betragen aber nur maximal 2,5-3 m, da nur der Bereich über dem Grundwasser einzusehen ist. Jedoch fanden sich in den Baugruben der Staustufen Niederaichbach und Dingolfing in einer Tiefe von 4 bzw. 7 (!) m alte Faschinenverbaue, wohl Uferbefestigungen, die unmittelbar der Tertiärsohle aufliegen.

Diese Befunde weisen die oberflächlich sichtbaren Terrassen als zeitlich getrennt geschüttete Schotterkörper aus, deren Basis sich jeweils tief im liegenden Quartär oder sogar auf der Tertiärsohle befindet. Im Gegensatz zum wannenartigen Lagenbau südlich von Freising, wie ihn BRUNNACKER (1959) annimmt, tritt im Arbeitsgebiet schachtelartiges Nebeneinander der Schottereinheiten auf.

Stellenweise dürften die von der Oberfläche ausgehenden Schottergrenzen im Untergrund nach Süden einfallende, unregelmäßig versetzte bzw. getreppte Flächen darstellen (Abb. 5). Rammsondierungen auf dem Neubaugelände der BMW westlich Höll ergaben z.B. nur bis etwa 2 m unter Gelände eine besonders lockere Lagerung der Quartärsedimente. Die Oberfläche ist als Pulling-Schotter kartiert, die jedoch an dieser Stelle wahrscheinlich noch von den unweit nördlich davon anstehenden Altstadt-Schottern unterlagert werden.

Die Schotter des unteren Isartales lassen sich hinsichtlich ihrer hydrogeologisch wirksamen Eigenschaften in zwei Gruppen unterteilen, nämlich in den Anteil der Altstadt-Stufe und den der jüngeren Flächen. Die Altstadt-Stufe wurde großflächig von starken Schichtfluten geschüttet und weist deshalb einen ver-

hältnismäßig einheitlichen Bau auf, der sich kaum durch auffallende Schichtwechsel auszeichnet. Ihre Fein- und Mittelkiese sind schlechter sortiert als das Material der jüngeren Schotter; Ungleichförmigkeitsgrad (ca. 20) und Sandanteil (ca. 35 %) sind doppelt so hoch.

Die jüngeren Schotter unterscheiden sich von den älteren zunächst in ihrer Korngrößenverteilung (Abb. 3). Sie sind etwas besser sortiert und besitzen im Durchschnitt einen Ungleichförmigkeitsgrad von 10. Der Anteil des sandigen Zwischenmittels verringert sich auf die Hälfte und beträgt zwischen 10 und 25 %. Jedoch besteht der Hauptunterschied zu den Altstadtschottern im Schichtenbau.

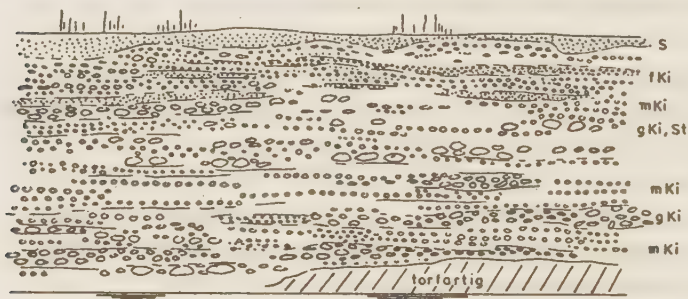


Abb. 6: Abbruch des rechten Isarufers unterhalb Dingolfing (Höhe des Aufschlusses: 4,5 m, Länge: 20 m)

Ein während des Hochwassers 1970 durch Abbruch des rechten Isarufers 150 m unterhalb der Brücke Dingolfing entstandener Aufschluß gewährte Einblick in die sonst in dieser Tiefe grundwassergefüllten Schotter (Abb. 6). Es zeigt sich Schichtwechsel von lagenweise gut sortierten Kiesen jeder Fraktion mit unterschiedlichem Sandanteil, dazwischen sandige Lagen oder Grobschotter mit Steinen bis zu 20 cm Durchmesser. Über dem Isarwasserspiegel stand eine torfartige, schluffhaltige Lage an. Im ganzen ergibt sich das Bild eines durch unruhige fluvia-

tile Sedimentation hervorgerufenen wechselhaften Lagerbau. Die teils schärfer abgegrenzten, teils ineinander übergehenden Lagen liegen sählig und halten kaum über die gesamte Aufschlußbreite von etwa 20 m durch. Schräg- und Bogen-schichtung tritt in diesem Aufschluß nicht auf.

Auch aus flußnahen Bohrungen der Bayernwerk AG, die das Quartär durchteufen, ist zu ersehen, daß die Schotter aus wechselnden Grob- und Mittelkieslagen bestehen. Als geringmächtige Zwischenlagen werden Feinsedimente wie "Mehlsand", "Schlick" etc. und auch torfartige Lagen angegeben.

In Kiesgruben, in denen aber meist nur das über dem Grundwasser befindliche Hangende aufgeschlossen ist, findet sich ebenfalls ein unruhiger Schichtwechsel, z.T. in Form von Schrägschichtung, wobei nach oben hin oft Sandlagen in Kies eingeschaltet sind oder als Deckschicht den Abschluß der Sedimentation anzeigen. In den unteren Partien der Aufschlüsse der mittleren Terrassen ist das lebhafteste Aufschlußbild der Auwald-Stufe nicht mehr in diesem Maße festzustellen.

Der weniger homogene Bau der jüngeren Schotter ist auf den periodisch wechselnden Schüttungsvorgang von pendelnden Niedrigwasserrinnen und mehr flächenhaft abfließenden Hochwässern zurückzuführen.

Die trockenengefallenen Rinnen der Oberfläche sind mit gröberem Material als dem ihrer Umgebung gefüllt. So wird in den Aufnahmen einer forstlichen Standortskartierung des Auwaldes östlich der Staustufe Altheim im Unterschied zum sonst auftretenden "Kies" und "Grobkies" für die Muldenstandorte alter Flußarme "Schotter" angegeben. Gemeint ist damit ein noch gröberes Material als Grobkies.

Wenn solche Grobschotterfüllungen alter Flußarme ganz oder reliktsch auch innerhalb der Terrassenkörper erhalten sind, tragen diese zur Inhomogenität der Schotterkörper bei. Wie oben gezeigt, sind gerade die Nordränder der Terrassen erhalten, in denen diese Flußarme gehäuft auftreten. Im Gegensatz zur mehr einheitlich großflächigen Schüttung der Altstadt-Stufe in der nördlichen Talhälfte folgen auf der Südhälfte drei solcher Randbereiche und die überwiegend von Rinnen geprägte jüngste Flußauflage dicht aufeinander.

Der Gesamtschotterkörper: Form und Mächtigkeit der gesamten Quartärfüllung sind ebenfalls für die hydrogeologischen Untersuchungen von Bedeutung.

Gegen den südlichen Talrand ist eine leicht fallende Tendenz des Gesamtreliefs festzustellen. Die Terrassenflächen bilden jedoch keine treppenartige Abstufung der Talaue, sondern die meist deutlich sichtbaren Geländestufen werden durch einen leichten Anstieg der erhaltenen Restflächen teilweise wieder ausgeglichen (Abb. 5).

Die auf der topographischen Karte eingetragenen Höhenlinien zeigen aufgrund des vergleichsweise flachen Gesamtreliefs des Isartales einen äußerst unruhigen Verlauf, der besonders in der südlichen, von Geländekanten und alten Flußläufen geprägten Talhälfte kaum zu verfolgen ist. Bei großzügiger Mittelung der Höhenlinien läßt sich von Ohu bis Landau eine Änderung ihres Verlaufes über die Talaue hinweg feststellen (Abb.7): Die Isohypsen verlaufen im Bereich von Ohu nach dem Eintritt in das Tal zunächst noch steil talaufwärts, um dann nach leichter Krümmung etwa unter einem Winkel von  $45^{\circ}$  auf die Isar zu stoßen, die hier noch deutlich das Taltiefste darstellt. Dieses Bild ändert sich talabwärts, indem sich die Isohypsen schneller vom Talrand lösen und unter einem stumpfen Winkel auf die Isar treffen, um schließlich bei Landau das gesamte Tal rechtwinklig zu queren. Das Niveau der Talaue gleicht sich also von Landshut bis Landau immer mehr dem Niveau der Flußaue an. Die Höhendifferenz zwischen Altstadt- und Auwald-Stufe nimmt von etwa 4-5 m bei Ohu auf nahezu 0 m bei Landau ab (vgl. auch Abb. 4).

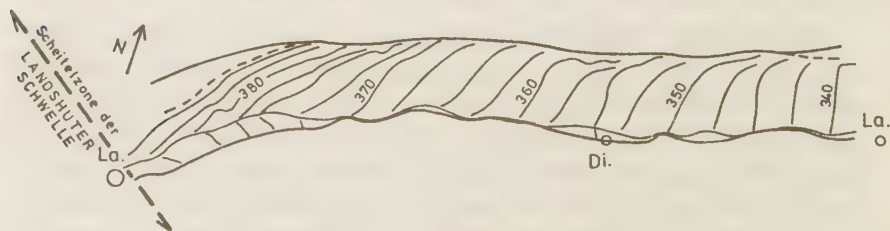


Abb. 7: Richtungsänderung der topographischen Höhenlinien im Talverlauf als Ausdruck der Hebungszone "Landshuter Schwelle"

Die offenbar bis in die Gegenwart andauernde Hebung der Landshuter Schwelle wirkt sich im Isartal bis etwa in die Gegend von Dingolfing/Gottfrieding deutlich aus. Während die aktiven Geschiebezonen ihr Gefälle jeweils ausgleichen konnten, wurden ältere, trockenengefallene Talbereiche je nach ihrer Entfernung zum Scheitel der Hebungszone in unterschiedlichem Maße emporgehoben. Die Terrassenniveaus konvergieren so talabwärts und gleichen sich außerhalb der Hebungszone unter Verflachung des Gesamtreiefs auf ein Niveau an.

Die Landshuter Schwelle beeinflusst auch die Mächtigkeiten des Talquartärs. Insgesamt deuten die wenigen Bohrungen in Talmitte auf eine Zunahme der Quartärmächtigkeiten von etwa 4-7 m im Raum Altheim/Ohu bis auf durchschnittlich 10 m bei Landau. Die Erosionsfläche der tertiären Talsohle stellt - abgesehen von der rezenten Flußbetteintiefung - eine flache Mulde dar. Im Osten befindet sich ihr Tiefstes entsprechend der stärkeren Erosionsleistung im Stromstrich etwa in Talmitte. Schußpunktprofilen von Erdölbohrungen, die einige Kilometer unterhalb Landau das Isartal queren, ist eine Schottermächtigkeit von 6-7 m nahe den Talrändern und etwa 10-11 m in Talmitte zu entnehmen. Im Westteil ist eine mehrmalige Tieferlegung der Tertiärsohle im Bereich der jungen Schotter im Zusammenhang mit der tektonischen Anhebung des Tales in Betracht zu ziehen.

Neben einer generellen Einmuldung schuf die Erosion je nach der Widerstandsfähigkeit des Tertiärmaterials in unterschiedlichem Maße flächige oder rinnenartige Übertiefungen oder Aufwölbungen. Rinnenbildung an der Tertiärbasis tritt besonders im Bereich der fluviatilen Süßwasserkiese z.B. bei Niederaichbach auf. Insgesamt ergeben sich Höhenunterschiede von etwa 4-5 m über wenige 100 m Entfernung.

### 2.2.2. Decksedimente und Bodenbildung

Bei starken Hochwässern wurden die älteren Terrassen von der jeweiligen Flußbaue aus überflutet und zum großen Teil mit kalkreichen, schluffig lehmigen Feinsedimenten überdeckt. Art und Verbreitung dieser Hochflutsedimente und ihrer Böden trugen zur geologischen Gliederung des Isartales bei und sollen daher kurz erläutert werden.

Es handelt sich um ehemalige Auenböden, die heute mit Ausnahme der Moore ohne Grundwasseranschluß sind und auch nicht mehr überflutet werden. Zwischen Isar und Bundesstraße 11, etwa im Bereich der drei jüngsten Terrassen, tritt sandig lehmiger, grauer bis bräunlich grau gefärbter Auenboden auf, wobei der Oberboden in der Regel als gestörter Ap-Horizont vorliegt. Flachgründig anstehender Kiesuntergrund zeigt noch keine Verwitterungsspuren. B.HOFMANN (1966) bezeichnet diese Böden auf Blatt Landshut Ost als Kalkpaternien mit den farblichen Abstufungen grau, braungrau und graubraun. Zur Talmitte hin, etwa mit Beginn der Pulling-Stufe, treten durch organische Substanz dunkel gefärbte Böden auf, ehemals Anmoorgleye, die zu trockengefallenem und schließlich grundwasserbeeinflusstem Niedermoor überleiten. Wo die Kiesflächen der Altstadt-Stufe unbedeckt sind, zeigen die Gerölle unter der Grasnarbe deutliche Verwitterungsspuren.

Durch Auswertung der Bodenschätzungskarten der Gemeinden zwischen Landshut und Landau wurde die Zugehörigkeit bestimmter Bodenarten zu bestimmten Terrassen festgestellt.

Es ergeben sich im Westteil des Arbeitsgebietes folgende Beziehungen:

Auwald-Stufe: Nicht in der Bodenschätzung berücksichtigt;  
Boden vorwiegend kiesig und sandig

Dichtl- und Lerchenfeld-Stufe: Lehmiger bzw. stark lehmiger Sand

Pulling- und Altstadt-Stufe: Sandiger Lehm bzw. Lehm.

Zwischen Lerchenfeld- und Pulling-Stufe ist eine sehr gute, deutliche Abgrenzung der Bodenarten festzustellen. Nicht durch eine Grenzlinie, aber statistisch deutlich auffallend

lassen sich die Überdeckungen der Dichtl- und Lerchenfeld-Stufe in lehmigen bzw. stark lehmigen Sand, die der Pulling- und Altstadt-Stufe in sandigen Lehm bzw. Lehm gliedern.

Die anschließend an Luftbildauswertung und Geländekartierung vorgenommene Auswertung der Schätzungskarten, die vor dem Krieg ohne Kenntnis der geologischen Verhältnisse erstellt wurden, bestätigte die in Taf. 2 aufgezeigte Gliederung des Isartales. In Einzelfällen diente sie auch als Hilfsmittel bei der geologischen Zuordnung strittiger Flächen.

Die Zunahme des Tonanteils mit dem Alter der Böden, sprunghaft gebunden an Terrassenflächen, ändert sich etwa von Würth an abwärts. Die verflachende Morphologie ließ die Ablagerung von Hochflutsedimenten auch in jüngerer Zeit auf fast der ganzen Talbreite zu, wodurch die obige Abfolge zunehmend verwischt wird. Bei Landau treten alle Bodenarten miteinander auf. Der seit dem Mittelalter durch Rodung ausgelöste verstärkte Bodenabtrag im Einzugsgebiet der Isar ist etwa ab Gottfrieding im Überflutungsbereich der jährlichen Hochwässer an der Bodenart Lehm zu erkennen.

Im ganzen deckt sich das Bild der Bodenverhältnisse mit den geologischen Ergebnissen und läßt das postglaziale hydrologische Geschehen bis in jüngste Vergangenheit erkennen (s.a. S. 67 f.).

### 2.2.3. Moore

Sie stellen ein wesentliches Element für die Hydrogeologie des Tales dar, weshalb ihr Aufbau und ihre Bildungsweise näher zu untersuchen waren. Frühere Bearbeiter waren KLAPP (1949) im Rahmen eines landwirtschaftlichen Gutachtens und GULLY, der schon 1902 eine Karte der Moore östlich von Weng mit Mächtigkeitsangaben erstellte. Leider waren hierzu keine Erläuterungen aufzufinden. Die Umrisse der westlichen Moorgebiete wurden Archivmaterial der Bayerischen Landesanstalt

für Bodenkultur, Pflanzenbau und Pflanzenschutz entnommen. Dieselbe Landesanstalt führte 1970 bei Postau im Rahmen der Flurbereinigung Bohrungen durch. Die Moorkarten wurden in der vorliegenden Arbeit nach geringfügigen Korrekturen übernommen, zu den Bohrungen zusätzlich eigene Untersuchungen durchgeführt.

#### a) Moortyp

Es handelt sich um ein flachgründiges Niedermoor, dessen Mächtigkeit 3 m selten übersteigt und das randlich in Anmoor ausdünn. Die Zusammensetzung des Torfes vor allem aus Schilf, Rohrkolben, Riedgräsern, Seggen, Binsen weist auf ziehendes, nährstoffreiches, vor allem kalkhaltiges Grundwasser hin. ph ( $H_2O$ )-Messungen ergaben Werte von 7,0-7,5. Auch Bruchwaldtorf ist am Aufbau beteiligt. Nach seiner teilweisen Entwässerung wurde das Moor in das heute vorliegende Grünland umgewandelt.

#### b) Entstehung und Aufbau

Das Vorkommen von Moor ist auf die nördliche Talhälfte beschränkt, und zwar ist es streng an die Fläche der Altstadtterrasse gebunden. Das Moor liegt in einer unsymmetrischen, talartig gelängten Mulde, die von dem flach nach Norden abfallenden Rücken der Altstadtschotter und den steiler zum Hang hin ansteigenden Kiesflächen der tertiären Abrutschmassen gebildet wird. Reduziert man nämlich die topographischen Höhenlinien durch Abziehen der Moormächtigkeiten, so gelangt man für den Bereich der nördlichen Talhälfte zu dem Bild talaufwärts gebauchter Höhenlinien, was dem beschriebenen Anstieg der Altstadt-Stufe gegen die Talmitte entspricht. Das Moor füllt diese Wannenform aus und bewirkt meist sogar einen leichten Anstieg von der Talmitte nach Norden. Deshalb finden sich die größeren Moortiefen von 2-4 m nahe dem nördlichen Talrand. Gegen die Talmitte hin erfolgt ein allmähliches Auskeilen mit Übergang zu Anmoor. Im Zuge der verflachenden Morphologie talabwärts nimmt auch die Muldentiefe und damit die Moormächtigkeit auf durchschnittlich 1,5 m ab.

Die Altstadt-Stufe schließt oft mit einer geringmächtigen Sanddecke ab, der in der Regel ein Feinsediment aufliegt, welches dann die Unterlage der Moore bildet. Diese Decke entspricht den Hochflutablagerungen der jüngeren Stufen und bildet nach Auskeilen des Moores die Oberfläche. Es handelt sich um eine immer mergelig tonige Lage mit wechselndem Schluff- und Sandanteil. Unter dem Moor besitzt sie durchweg blaugraue Reduktionsfarben. Die Lage wurde bei zahlreichen, über das ganze Gebiet verstreuten Bohrungen fast immer angetroffen. Meist ist sie auch in den Moorgräben angeschnitten. Ihre Mächtigkeit bewegt sich zwischen 1 und 5 dm, kann aber auch bis zu 1 m anwachsen. In der Bevölkerung ist die Schicht als "Tegel" bekannt.

Frühestens nach Ablagerung dieser Schicht, welche zur Zeit der nächst jüngeren Stufe (Pulling) entstand, konnte die Bildung des Moores beginnen. Das vom Tertiärhang zur Isar ziehende Grundwasser trat in der Altstadtmulde zu Tage und bildete eine offene Wasserfläche, die zu verlanden begann. Ein subhydrischer Beginn der Moorbildung ist meist auch an der Basis des Moores festzustellen. In dessen zentralen Teilen findet sich eine plastisch knetbare, schwarze, schluffige Masse, die stark entwässert ist. Es dürfte sich um Muddebildung handeln. Nach wenigen Dezimetern erfolgt dann ein rascher Wechsel zu häufig völlig zersetztem Torf, der nach oben zu in stark und mäßig zersetzten Torf übergeht. Die oberen entwässerten Dezimeter des Moores sind durch Luftzutritt fast völlig zersetzt. Es handelt sich um einen stark mineralisierten Moorboden mit Krümelgefüge oder puffigem Charakter. Dieses Regelprofil ändert sich mit zunehmender Verflachung gegen den Südrand unter Zurücktreten der unteren Lagen, bis nur noch - heute trockenliegendes - Anmoor vorliegt. Am Nordrand tritt Verzahnung mit eingeschwemmtem Hangmaterial auf. Auch sonst wurde die Moorbildung bisweilen durch Einschwemmungen von Schluffen oder Sanden gestört, die meist beigemenzt, seltener in geschlossener Lage auftreten. Häufiger sind Almlager eingestreut, die jedoch nur eine Mächtigkeit von wenigen Dezimetern besitzen. Der Alm findet sich als reiner Kalk oder mit Torfsubstanz vermischt. Sein Auftreten scheint nicht an bestimmte Regionen oder Tiefen gebunden.

Da sich aus den Entstehungsbedingungen der Moore wichtige Hinweise auf ihren heutigen Wasserhaushalt ableiten lassen, seien sie stichwortartig zusammengefaßt:

- Bildungsraum: eine durch bestimmte geologische Schüttungsvorgänge entstandene Muldenform, die zum großen Teil durch Hochflutsedimente ausgekleidet wurde und als langgestreckte Grundwasserblänke vorliegt
- Bildungsvorgang: Verlandung und Niedermoorbildung (Torf über Mudde), Zufuhr nährstoffreichen Grundwassers durch offene und halbdichte Stellen der Unterlage.

Über Grundwasserveränderungen im Moor durch natürliches Absinken und Entwässerung siehe Kap. III.2.3., S. 65.

#### 2.2.4. Schwemmkegel

Im Gegensatz zu den scharf geschnittenen Steilhängen rechts der Isar wird der Hangfuß des nördlichen Talrandes von abgeschwemmtem Material der Randberge verkleidet. Dieses kann sich bis zum unteren Hangdrittel hinaufziehen und ins Tal hinein breite Fächer bilden.

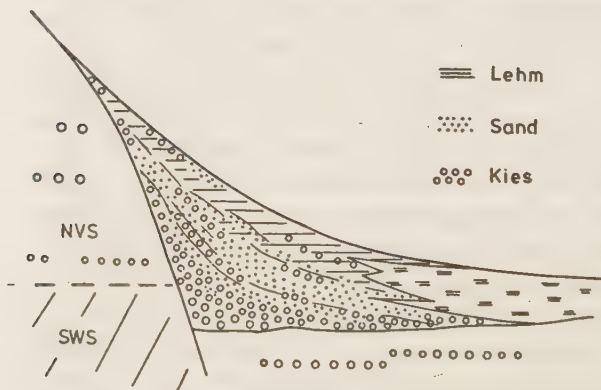


Abb. 8:

Genereller Aufbau  
der Schwemmfächer  
des nördlichen  
Talrandes

Im Zusammenhang mit den Untersuchungen im Moor wurde der Schwemmfächer bei Weng an verschiedenen Stellen durch eigene

Bohrungen z.T. bis zu einer Tiefe von 4 m erbohrt. Der Dornwanger Schwemmkegel war im Westen der Ortschaft durch einen 350 m langen, bis zu 4 m tiefen Graben aufgeschlossen. Die Befunde aus beiden Untersuchungen zusammengenommen vermittelten ein Bild vom generellen Aufbau der Schuttfächer (Abb. 8).

Die untere Lage, die den Hangknick ausfüllt und wahrscheinlich den Nordteil der Moore unterlagert, bilden Mittel- und Kleinkiese, die umgelagerte tertiäre Schotter darstellen. Diese können sich den Hang hinaufziehen und dort die Grenze zum autochthonen Tertiär verwischen. Die Kiese werden abgelöst von einer Serie aus schwach lehmigem Sand und reinen Sandlagen, die nach oben zu mehr in sandigen Lehm übergeht. Abgedeckt werden die Kiese und Sande von einer 1-2 m mächtigen Lage aus schwerem Lehm, der durch humose Bestandteile dunkel gefärbt ist. Kies findet sich lagenweise eingeschaltet oder zerstreut auch in diesen höheren Lagen oder rezent an der Oberfläche. Im ganzen ergibt sich bei alternierenden, nur kurz aushaltenden Schichten von unten nach oben die Abfolge Kies - Sand - Lehm. Das sandig-lehmige Feinmaterial kann mit dem Moor verzahnt sein. Weite Lehmschürzen können die Mooroberfläche abdecken.

### 2.3. Siedlungsgeschichte und Landnutzung

Die geologisch-hydrologische Entwicklung des Isartales findet ihren Ausdruck in der Geschichte seiner Besiedlung, da Landnahme und Nutzung der Talflächen durch den Menschen den zurückweichenden Grenzen der Isarhochwässer folgen. Ein kurzer, nicht auf Vollständigkeit bedachter Abriß der fortschreitenden Besiedlung soll die Beziehung zur geologischen Gliederung des Tales verdeutlichen (vgl. Lit. S. 121):

Zur Zeit der Pulling-Aufschotterung dürften die Hochwässer das Tal noch auf ganzer Breite überflutet haben. Die Besiedlung hielt sich an den hochwassergeschützten Talrand oder an ältere Terrassen (z.B. neolithische und bronzezeitliche Funde auf der Hochterrasse bei Altheim). Auch die anschließende Be-

siedlung durch Kelten beschränkt sich auf die Talränder. Eine keltische Anlage soll auch die sog. Schwedenschanze bei Duniwang, östlich Ergolding sein. Sie stellt eine Insel von Altstadt-Stufe in jüngerer Umgebung dar, die künstlich vor der Zerstörung geschützt und zur Fliehbürg ausgebaut wurde. (Auch später noch, z.Z. der Römer, der Ungarnstürme und der Schwedenkriege bot sie ein Versteck inmitten der Wildflußlandschaft.) Ein Zeugnis römischer Kultur sind Verkehrswege, die bei Altheim (ausgebagerte Pfostenreihe als Brückenreste?), vielleicht auch bei Landau das Tal querten. Die Talaue bleibt jedoch weiterhin siedlungsfrei.

Zur Zeit der Landnahme durch die Bajuwaren im 5. und 6. Jahrhundert entstehen zahlreiche dorfartige Niederlassungen sicher oft an Siedlungsstellen der einheimischen keltischen oder keltoromanischen Bevölkerung. Auf diese ältesten bayerischen Ortsgründungen weisen die auf -ing endenden Ortsnamen hin, die meist den Sippenamen wiedergeben. Da zu dieser Zeit noch die Aufschotterung der Lerchenfeld-Stufe erfolgt, während der die Hochwässer zwischen Flußau und der unzugänglichen Moorzone noch keinen Siedlungsraum freigeben, finden sich auch diese Siedlungen noch ausschließlich an den Talrändern und auf ihren Schuttfächern. Es sind dies auf der linken Seite des Tales Ergolding, Moosthenning (?), Töding (z.B. Sippe des Thodo), Pilsting, auf der rechten Seite Loiching, Dingolfing, Gottfrieding, Mamming, Usterling (kelt. u = bei; ster = Fluß).

Die im Mittelalter beginnende Besiedlung der Talmitte dürfte nach dem Rückzug des Wassers von der Lerchenfeldfläche einsetzen. Seit dieser Zeit ist die Pullingterrasse oberhalb Dingolfing hochwasserfrei. Auf ihr, d.h. bis an ihren Südrand vorgeschoben, befinden sich auch die größten und ältesten Siedlungen der Talaue. In den Dichtlschottern (nach BRUNNACKER (1959) Einordnung ins Mittelalter) finden sich vereinzelt altertümliche Ziegelgerölle, selten abgerollte Tonscherben. Die Überflutungszone reichte bis an den Fuß der besiedelten Terrasse. Die Ortsnamen drücken meist die Nähe des Wassers aus, z.B. die mit Ah (von Ach, lat. aqua, ahd. aha = fließendes Wasser) zusammenhängenden Namen wie Oberahrain (= am Rand des

Wassers; 1261<sup>+</sup>), Unterahrain (bei APIAN, 1566, noch Arrach) und Ohu (früher Ahu; 822<sup>+</sup>; sehr frühe Gründung, da hier besonders ausgeprägte Terrassenlage). Nach APIAN befindet sich an der Stelle des heutigen Höll b. Dingolfing ebenfalls eine Ortschaft Ahrain. Für die ehemalige Lage am Wasser sprechen ferner die Namen Lichtensee ("see" möglicherweise wegen der weiten Ausbuchtung des Hochwassergebietes im Westen des Ortes) und Wörth (ahd. werid, soviel wie erhöhtes, vor Überschwemmungen geschütztes Land am Wasser; 13.Jh.<sup>+</sup>). In die mittelalterliche Siedlungsperiode gehören auch die Ortschaften bzw. Weiler Albing, Duniwang (1255<sup>+</sup>), Kronwieden, Schönbühl sowie die etwas später von Dingolfing aus auf erhöhtem Gelände gegründeten Ansiedlungen von Goben (1570<sup>+</sup>), Höll, Geratsberg (1488<sup>+</sup>) und Sossau (1373<sup>+</sup>). Weiter unterhalb von Dingolfing traten die Hochwässer (verflachende Morphologie ! ) noch auf weitere Talbereiche über. Dort bestanden wohl nur die nicht fest bewohnten Schwaigen (d.h. Viehweiden) wie z.B. die von Gottfrieding und Mamming, die sich erst später zu Dörfern entwickelt haben.

Die im Vergleich zu früheren Phasen unwesentliche Einengung der Isar von der Dichtl- auf die Auwaldzone vor etwa 300 Jahren ergab kaum eine Verschiebung der Katastrophenhochwassergrenze. Trotzdem rücken vor allem Einzelgehöfte, auf erhabenen Stellen erbaut, weiter gegen die Isar vor. Mit der Anlage von Mühlbächen (s.S. 49) entstanden zahlreiche Mühlenbetriebe, die aber hochwassergefährdet waren, wie auch die Mühlbäche häufig durch Überschwemmungen zerstört wurden. Nach den flußbaulichen Veränderungen der neueren Zeit werden die Siedlungsgrenzen durch zunehmende Bautätigkeit verwischt.- In den Aufschlüssen der Auwald-Stufe finden sich zahlreiche Ziegelgerölle und Tonscherben.

Die Vegetations- bzw. Nutzungszonen des Talbodens: Auf Auwald und Ödflächen im Bereich der ehemaligen Flußau folgt eine schmale Grünlandzone, die gegen Norden mit Ackerland verzahnt ist. Dieses wird erst wieder durch die Grünlandmoore auf

-----  
<sup>+</sup> urkundliche Erwähnung

der Nordhälfte des Tales abgelöst. Während oberhalb Gottfrieding/Dingolfing die Ackerzone bald nach der Flußkorrektur auf die ehemaligen Überflutungsgebiete vorrückte, bestand unterhalb bis vor wenigen Jahren noch eine klare Trennung zwischen Auwaldgelände, Grünland auf der Dichtl-Stufe und Ackerbau auf den älteren Flächen.

### III. Die Hydrogeologie des Isartales und ihre Beeinflussung durch Stauanlagen

#### 1. Die Oberflächengewässer und ihre künstliche Umgestaltung

##### 1.1. Die Isar

Die Chronik erwähnt die Isar meist im Zusammenhang mit katastrophenartigen Überschwemmungen, die Leben und Wirtschaft im unteren Isartal bis in jüngste Zeit entscheidend beeinflussten. So stellt die Umgestaltung der Isar durch den Menschen vor allem das Bemühen dar, ihre Hochwässer unter Kontrolle zu bringen. Auch die hydrogeologische Entwicklung des Tales wird zum Großteil von der Umwandlung seines Hauptvorfluters und dessen Abflußgeschehen bestimmt. Der folgende Abriss über die künstliche Umgestaltung der Isar dient daher der Darstellung hydrogeologisch bedeutsamer Größen wie der Höhenlage der Flußsohle und des davon abzuleitenden Niedrigwasserstandes, aber auch der Spiegellage von Hochwässern und ihrer Überflutungsbreite. Aus dem hieraus ersichtlichen Schwankungsbereich des Isarwasserspiegels und dem Abflußregime ist die jeweilige Lage der Grundwasseroberfläche abzuleiten (s.S. 66). Daneben soll die Schwierigkeit aufgezeigt werden, durch flußbauliche Maßnahmen eintretende Veränderungen der Flußsohle und damit des Grundwasserkörpers auf ein gewolltes Maß zu beschränken.

### 1.1.1. Wasserführung und Geschiebe

Bis zum Bau des Sylvensteinspeichers ergaben sich für die Untere Isar nach den Aufzeichnungen der Pegel Landshut/Birket und Landau folgende W a s s e r f ü h r u n g e n :

Tab. 1: Hauptzahlen des Abflusses ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) zwischen Birket und Landau für die Jahresreihe 1926/50.

|        | Einzugs-<br>gebiet | NNQ  | MNQ  | MQ  | MHQ | HHQ  |
|--------|--------------------|------|------|-----|-----|------|
| Birket | 7910 $\text{km}^2$ | 57   | 85   | 163 | 675 | 1600 |
| Landau | 8467 $\text{km}^2$ | 59,5 | 87,9 | 166 | 640 |      |

(Der Rückgang des Abflusses bei Hochwasser ist durch Retension im Überflutungsbereich zu erklären.)

Häufigkeit und Größe der Hochwässer vor der Stadt Landshut zwischen 1899 und 1956 sind aus Abb. 9 ersichtlich. Hervorzuheben sind in diesem Beobachtungszeitraum besonders die Katastrophenhochwässer der Jahre 1899 ( $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ ), 1940 ( $1600 \text{ m}^3/\text{s}$ ) und 1954 ( $1500 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Das Hochwasser des Jahres 1940 stellt den höchsten je gemessenen Abfluß dar.

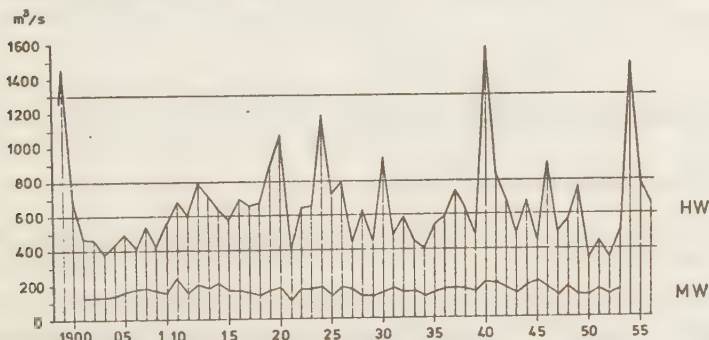


Abb. 9: Ganglinie der Jahreshochwasser und der jährlichen Mittelwasser vor Landshut (entnommen aus: WWA Landshut, Hochwasserfreilegung)

Mit dem Bau des Sylvensteinspeichers, der 1956 in Betrieb genommen wurde, erfolgte eine künstliche Verflachung der Spitzen, besonders der der Frühjahrshochwässer. So kann der

HHW-Abfluß von  $1600 \text{ m}^3/\text{s}$  auf etwa  $1200 \text{ m}^3/\text{s}$  reduziert werden. Immerhin trat im Juli 1965 ein Hochwasser von  $1000 \text{ m}^3/\text{s}$  auf.

Der ebenfalls für die Flußbettumbildung wesentliche Geschiebehauhalt variiert mit den flußbaulichen Veränderungen. Auf ihn wird an geeigneter Stelle jeweils gesondert eingegangen.

Jedoch seien an dieser Stelle die grundsätzlichen Auswirkungen von Stauanlagen auf den Geschiebehauhalt eines Flusses angeführt: Ein Fluß sucht sein jeweiliges Transportvermögen mit Geschiebe auszulasten. Stehen Transportvermögen und Geschiebelast im Gleichgewicht, so befindet sich die Flußsohle in Ruhelage.- Im Oberwasser einer Stauanlage kommt es zur Verringerung des Transportvermögens und damit zur Ablagerung von Geschiebematerial. Unterhalb der Stauanlage erhält der Fluß sein altes Transportvermögen wieder zurück. Damit setzt unmittelbar im Unterwasser eine sofortige Geschiebeaufnahme ein, die sich in einem zunächst starken, flußabwärts dann zunehmend abgeschwächten Abtrag der Flußsohle äußert. Das Ende des dadurch entstehenden "Eintiefungskeiles" wird erst nach vollständiger Sättigung des Transportvermögens erreicht.

### 1.1.2. Die Umgestaltung der Isar

#### a) Der natürliche Flußlauf

Die letzte natürliche Flußlandschaft der Isar bildete die Fläche der Auwald-Stufe, in der die Isar mehrarmig aufgeteilt unter dauernder Laufänderung pendelte. Der Verlauf der Isarschlingen in der Mitte des vorigen Jahrhunderts, kurz vor dem Beginn der Regulierungsmaßnahmen ist auf der geologischen Karte eingezeichnet (Taf. 1, übertragen aus Karten 1: 25000 des Topographischen Bureaus des Kgl. Bayer. Generalstabs, 1863-1871). Über das Verbreitungsgebiet der Hochwässer geben die Siedlungsgrenzen Aufschluß, wie auf S. 27 dargelegt wurde.

Schon die unregulierte Isar wird von den in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts ausgeführten Korrektionsmaß-

nahmen oberhalb von Landshut (bes. München Stadt und Bogenhausen - Ismaning) beeinflußt. Ihre Sohlveränderungen lassen sich tendenzmäßig am Gang der Jahresmittelwasserstände ablesen, die in Abb. 10 für die Pegel Birket, Dingolfing, Landau und - der Vollständigkeit halber - Plattling als Ausgleichslinie dargestellt sind. Hiernach ist durch verstärkte Geschiebezufuhr aus dem Mittellauf eine leichte Auflandung der Unteren Isar festzustellen, die zwischen 1825 und 1855 bei Dingolfing ca. 45 cm, bei Landau ca. 100 cm ausmacht.

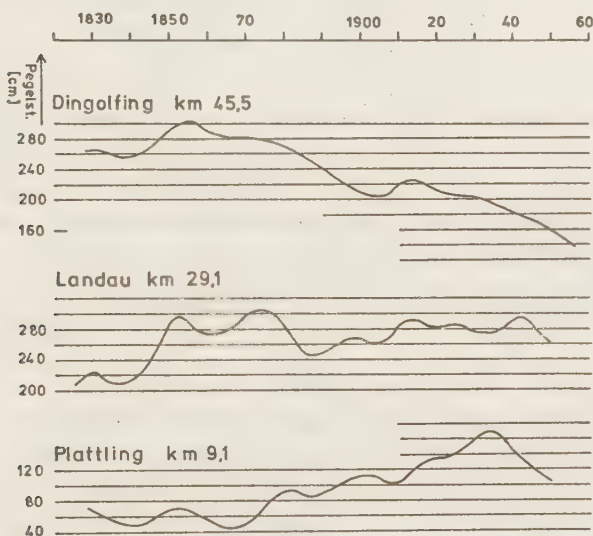


Abb. 10:  
Ausgeglichene  
Ganglinie der  
Jahres-MW-Stände  
als Anzeiger für  
Veränderungen  
der Flußsohle

## b) Die Isarregulierung

Die Regelung des Isarunterlaufes beginnt um 1860 zunächst zwischen Würth und Landau. (Auch hieraus ist ersichtlich, daß erst unterhalb von Würth im Raum Dingolfing aufgrund der morphologischen Gegebenheiten und der künstlich ausgelösten Auflandung Ausuferungen in zunehmender Breite auf das Siedlungsgebiet der Talaue übergriffen. vgl. S. 34). Die Arbeiten sind erst 1905 abgeschlossen. Die Strecken zwischen Landshut und Würth sowie zwischen Landau und Mündung werden erst 1880 in Angriff genommen, sind jedoch schon um die Jahrhundertwende

beendet. Die Isar war also 1905 von Landshut bis zur Mündung geregelt. Die zunächst aus Faschinen bestehenden Bauten wurden seit 1910 versteint.

Die durch die Regulierung veränderten morphometrischen Größen der Isar sind in Tab. 2 zusammengestellt. Sie beziehen sich auf die Flußstrecke zwischen dem Zusammenfluß von Großer und Kleiner Isar in Landshut bis zur Straßenbrücke von Landau:

| Tab. 2:                            | vor Regulierung | nach Regulierung     |
|------------------------------------|-----------------|----------------------|
| Tallänge (t)                       | 40,75 km        | 40,75 km             |
| Lauflänge (l)                      | 46 km (Mittel)  | 42 km                |
| Höhenunterschied                   | ~ 48 m          | 47,8 m <sup>++</sup> |
| Gefälle                            | 1,04 ‰          | 1,14 ‰ <sup>++</sup> |
| Laufentwicklung (L) <sup>+++</sup> | 0,129           | 0,031                |

+ bezogen auf die mittlere Geländehöhe der Auwald-Stufe

++ bezogen auf den Spiegel des NW 1906

+++ Laufentwicklung  $L = (l-t):t$ ; d.h. nähert sich die Lauf-  
länge der Tallänge, wird L unendlich klein; ist z.B.  
die Lauflänge doppelt so groß wie die Tallänge, so  
ist  $L = 1$ .

Durch die Regulierung wurde die Lauflänge der Isar nur wenig (ca. 4 km) verkürzt. Die Isar besaß ja schon aufgrund der geologischen Entwicklung einen streng an den Hang angelehnten, verhältnismäßig gestreckten Verlauf, in dem auch meist ein Hauptarm etwas deutlicher ausgebildet war (Taf. 1). Diesem Hauptarm folgt auch im wesentlichen der künstliche Isarlauf. So ergibt sich lediglich eine Gefällezunahme von 0,1 ‰ bei einer Veränderung der ohnehin geringen Laufentwicklung von 0,129 auf 0,031.

Weniger diese nur in geringem Maße veränderten Abmessungen der Isar, als vielmehr die geradlinige Anlage und die enge Einfassung ihres künstlichen Laufes (lichte Weite der Uferkronen 68 m) bewirken eine Sohleneintiefung. Diese verläuft infolge des unterschiedlichen Fortgangs der Bauten zunächst uneinheitlich und schreitet erst nach Zusammenschluß der einzelnen Teilstrecken etwa um 1880 unter zunehmendem Gefälleausgleich verstärkt fort, wie am Pegel Dingolfing (Abb. 10) zu

esehen ist. Bei Landau fällt bei ständigem leichtem Auf und Ab der Sohle nach Regulierungsbeginn lediglich eine vorübergehende, etwas stärkere Eintiefungstendenz nach 1880 auf.

Der auch 1907 noch nicht ganz auf das normale Maß ausgeglichene Talweg der Isar hat sich bis dahin im Mittel auf 3,50 m unter die Geländeoberfläche eingetieft. (Erst kurz unterhalb von Landshut macht sich eine etwas stärkere Eintiefung von zusätzlich 1/2 m bemerkbar; s.u.) Geht man von einer mittleren Sohlenlage der Isararme vor der Regulierung von 1 bis maximal 1,5 m unter Gelände aus, so ergibt sich eine Eintiefung von 2,0-2,5 m.

Bei der Betrachtung von Abb. 10 ist das Einfassen des vorher verteilten Abflusses auf den schmalen Flußstrang zu berücksichtigen, wodurch das Absinken des Mittelwasserstandes nicht im gleichen Maße erfolgt wie das der Flußsohle.- Nach Abschluß der Regulierung kann die Veränderung der Sohle jedoch anhand der Mittelwasserstände abgeschätzt werden.

Der NW-Spiegel der Isar im Jahre 1906 befindet sich zwischen Landau und Altheim ca. 2 m unter Gelände und sinkt entsprechend der Sohlenlage vor Landshut auf 2,50 m ab.

Allgemein - auch für die folgende Entwicklung - kann gelten, daß der mittlere NW-Spiegel der regulierten Isar etwa 1,60 m über dem gemittelten Talweg liegt. Der Wert steigt mit zunehmender Eintiefung bis 1950 nur geringfügig auf ca. 1,80 m an.

Das hochwassergefährdete Gebiet unmittelbar nach der Regulierung (1906) ist durchaus noch mit dem 1899 überfluteten Gelände zu vergleichen. Im Bereich von Landshut war das Tal vom rechten Steilhang bis zum Bahnhof überschwemmt, von der Stadt selbst der Großteil der links der Isar gelegenen Wohngebiete. Durch das Stadtgebiet Landshut wird die Flut zwischen Bahnhof und der linksufrigen, teilweise hochwasserfreien Vorstadt St. Nikola nach Norden hin auf die Altstadtterrasse (heutiges Industriegelände) abgedrängt. Von diesem hochgelegenen Niveau fließt das Wasser dann westlich in die tieferen jungen Talzonen vor allem der rechten Isarseite ab. Hier bildet der Fuß des Steilhanges auf der ganzen Talstrecke die

HW-Grenze. Links der Isar hält sich die Grenze des Überflutungsbereiches etwa von Albing an zunächst an geologisch-morphologische Gegebenheiten, indem Pulling- und Altstadtflächen hochwasserfrei bleiben. Erst auf der Höhe von Dingolfing greift der Abfluß weiter auf das Vorland über (Höll überflutet) und dehnt sich bei Gottfriedingerschwaige auch auf Gelände nördlich von Bahn und Hauptstraße bis zur flachen Altstadtkante (z.B. Gut Rosenau) aus. Gegen Landau weitet sich die Überflutzungszone noch stärker auf. Infolge der flachen Morphologie lassen sich keine linienhaften Grenzen angeben, jedoch beginnt bei Landau die in Mündungsnähe auftretende Überflutung der gesamten Talbreite.

Bereits bei einer Wasserführung von  $400 \text{ m}^3/\text{s}$  tritt die Isar unterhalb von Landshut über die Ufer. Nach Abb. 9 wurde also nach Abschluß der Regulierung noch jährlich die Auwaldzone durchflutet. Darüber hinaus wird das Vorland je nach Abflußhöhe bis zu dem maximalen Überschwemmungsbereich des HW von 1899 überstaut. Nach HEINDEL (1936) sind bei einer Wasserführung von  $700 \text{ m}^3/\text{s}$ , die jedes dritte Jahr auftritt, zahlreiche Einzelhöfe bedroht.

#### c) Die Flußentwicklung bis zum Bau der Staustufen

Wie bereits angedeutet, schreitet die sonst etwa gleichmäßig ausgebildete Flußbetteintiefung unmittelbar unterhalb Landshut stärker fort. Verantwortlich dafür ist der zusätzlich zur Flußregulierung auftretende Geschieberückhalt durch die Querbauten in Landshut (Maxwehr, Ludwigswehr), besonders aber durch das etwa zum gleichen Zeitpunkt wie die Regulierung fertiggestellte Uppenbornkraftwerk oberhalb der Stadt. Um die Uferbauwerke, Brücken und Wehre im Stadtbereich zu schützen, wurde deshalb bei Fluß-km 70,3 in den Jahren 1912-1916 eine Sohlstützschwelle, das sog. Albinger Wehr errichtet. (Gleichzeitig werden aus seinem Oberwasser die Mühlbäche gespeist, deren Ausleitungen durch die Tieferlegung der Flußsohle trockenzufallen drohten). Das Albinger Wehr verursacht trotz eingebauter Kiesschleuse zusätzlich zu den Stadtwehren eine Verringerung der Geschiebefracht, wodurch es unterhalb

der Schwelle zu verstärkter Erosionstätigkeit und zur Ausbildung eines Erosionskeiles kommt, der sich flußabwärts vorschiebt.

Die Vorgänge der Flußbettumbildung unterhalb des Albinger Wehres und damit die Veränderung, d.h. Tieferlegung der Isarwasserstände, sollen durch Daten zum Geschiebehaushalt verständlich gemacht werden. Die Angaben sind im wesentlichen einem Gutachten von ERTL (1957) entnommen, der den Geschiebehaushalt der Isar etwa seit Abschluß der Isarregulierung darstellt. Die Berechnungen fußen auf der Veränderung der Jahres-NW-Linien und können mit einem Fehler von 20 % nach oben und unten behaftet sein. Die Vorgänge sind überhaupt nur vereinfacht darzustellen, da flußbauliche Maßnahmen verschiedener Art vom Oberlauf bis zur Donau in komplexer Weise auf das Geschehen einwirkten.

Die Petrographie der Feststoffe ändert sich von dem den Alpen und den Schottervorfeldern entstammenden Kalkschotter im Oberlauf zu mehr dolomitischem und quarzitischem Geschiebe im Mittel- und Unterlauf (Hartkomponenten der Kalkschotter und neu hinzugekommene Tertiärschotter). Diese Zusammensetzung bewirkt einen verringerten Abrieb des Geschiebes. Der Kalkanteil des Oberlaufes ist bis zur Unteren Isar weitgehend zu Sand zerkleinert, der für die Isar bei einem Korndurchmesser  $< 1 \text{ mm}$  den Schwebstoffen zuzurechnen ist.

Bis 1925 (Inbetriebnahme von Kanal und Kraftanlagen Mittlere Isar AG) durchläuft den Querschnitt bei Fluß-km 70 eine Jahresgeschiebefracht von  $70\,000 \text{ m}^3$ . Ab 1916 wird dieser Geschiebetrieb allerdings für etwa 4 Jahre, d.i. die Auffüllungszeit des durch die 2 m hohe Krone des Wehres bei Albing entstandenen Stauraumes von  $300\,000 \text{ m}^3$ , unterbrochen und nimmt erst danach wieder den früheren Wert an. Die Abzweigung des Kanals der Mittleren Isar AG verringert dann ab 1925 die Jahresabflußsumme in der Rest-Isar um ca. 80 %, wodurch auch die Geschiebefracht auf  $14\,000 \text{ m}^3/\text{Jahr}$  abnimmt. Trotz ihrer Erhöhung zwischen der Wiedereinleitung des Kanals in die Isar bei km 78,3 und dem Wehr bei Albing auf  $20\,000 \text{ m}^3/\text{Jahr}$  ist die Isar nicht mit Geschiebe ausgelastet. Diese defizitäre Ge-

schiebezufuhr hält etwa gleichbleibend bis zum Einstau der Staustufe Altheim im Jahre 1951 an.

Die mit dem Bau des Albinger Wehres unterstromig einsetzende Flußbetteintiefung wird in ihrem Fortgang durch das jeweilige oberstromige Geschiebeangebot gesteuert. Freilich sind durch die Querbauten des Albinger, Max- und Ludwigswehres die Gefällsverhältnisse derart reduziert, daß erst unterhalb des letzten Wehres eine ungehemmte Geschiebeaufnahme erfolgen kann.

Der Zusammenhang zwischen oberstromiger Geschiebezufuhr und der ergänzenden Geschiebeaufnahme unterhalb Landshut wird aus Abb. 11 deutlich, in der die von ERTL (1957) ermittelten Zahlen in Diagrammform dargestellt sind. Danach summieren sich beide Werte zu einer Geschiebebewegung von insgesamt etwa  $130\,000\text{ m}^3/\text{Jahr}$ .



Abb. 11: Geschiebefracht der Isar am und unterhalb des Albinger Wehres

Besonders deutlich ist der Ersatz des in den 4 Jahren nach Fertigstellung des Albinger Wehres auftretenden vollständigen Geschieberückhaltes und die Wiederherstellung der alten Verhältnisse nach Auffüllung des Stauraumes zu erkennen. Gut ersichtlich ist auch die erhöhte Erosion unterhalb Albing nach Fertigstellung der Anlagen der Mittleren Isar AG. Die Geschiebewerte der Jahre 39/43 dürften Auswirkungen des HHW 1940 ( $1600\text{ m}^3/\text{s}$ ) anzeigen, bei dem das Albinger Wehr beschädigt wurde und anscheinend ein Teil der oberstromigen Kies-

auffüllung mobilisiert wurde. Jedoch tritt wiederum eine Ergänzung des bewegten Geschiebes auf den konstanten Gesamtwert ein. Für die abweichenden Daten der Jahre 29/32 sind nach ERTL größere Baggerungen in der Donau verantwortlich zu machen, die einen Sohlauszug nahe der Mündung bewirken. Die Verhältnisse im Untersuchungsgebiet bleiben davon wohl unberührt.

Unter Einbeziehung des Abriebverlustes und damit teilweisem Übergang des Geschiebes in die Schwebfraktion errechnet ERTL aus der Geschiebebewegung von  $130\ 000\ m^3$  eine mittlere jährliche Geschiebefracht von  $96\ 000\ m^3$  für die Flußstrecke zwischen Landshut und Mündung. Da unterhalb Landau jedoch Auflandung eintritt, wird der Donau aber nur eine jährliche Geschiebefracht von  $73\ 000\ m^3$  zugeführt.- In den Zahlenangaben sind die etwa 1920 unterhalb Fluß-km 40, besonders unterhalb Landau durchgeführten Flußbaggerungen enthalten.

Die Schwebstoffführung der Isar ist ohne Einfluß auf die Flußbettgestaltung des Untersuchungsraumes. ERTL schätzt sie, ausgehend von den an der Bogenhausener Brücke in den Jahren 1930-39 gemessenen Werten, für die Untere Isar auf  $90\ g/m^3$  bzw.  $300\ 000\ t/J$ . Unterhalb Gottfrieding kommen bei Ausuferung Teile davon im Vorland zur Ablagerung, wie auch aus der dortigen Verteilung der Bodenarten zu ersehen ist (S.21). Große Bedeutung hat die Schwebfracht erst für die Auflandung der späteren Stauräume.

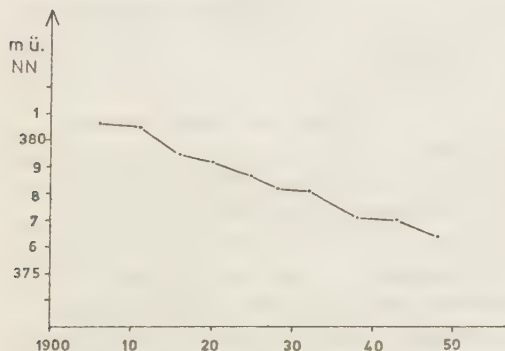


Abb. 12:  
Langjährig stetiges  
Absinken der Jahres-  
NW-Stände unterhalb  
des Albingen Wehres  
(1905/48)

Der von 1911 bis 1948 nach Abb. 11 sehr unterschiedliche Geschiebeauszug unterhalb Landshut ließe einen ebenso unterschiedlichen Fortgang des Eintiefungskeiles unterhalb Albing vermuten, z.B. eine ruckartig ansteigende Eintiefungsrate im Zeitraum 1917-1920. Aus den Ganglinien der Jahres-NW-Spiegel (Abb. 12) ist jedoch ein insgesamt gleichmäßiges Absinken der Wasserstände ohne auf bestimmte Zeiten bezogene Unterschiede festzustellen. Aus der Konstanz der Eintiefungsraten im näheren Unterwasser des Wehres, deren Verringerung sich auch 1948 noch nicht abzeichnet, ist zu ersehen, daß der Fluß nach Aufnahme dieser - mehrjährig gemittelten - konstanten Geschiebemenge noch nicht ausgelastet ist und deshalb die Strecke der Geschiebeaufnahme je nach Defizit (d.h. Geschiebezufuhr aus dem Oberwasser) unterschiedlich weit flußabwärts verschiebt. Erst dort ergeben sich die in Abb. 11 dargestellten Unterschiede in der Geschiebebewegung.

Aus den Sohlenpeilungen zwischen Albing und Mündung läßt sich - unter der Annahme gleicher Werte der jährlichen Geschiebeaufnahme - das Fortschreiten des Eintiefungskeiles als Schema ableiten (Abb. 13). Nach der Ausräumungsstrecke erfolgt hier jeweils

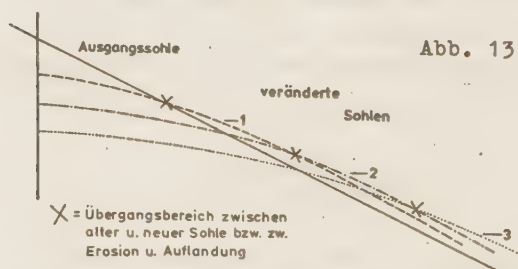


Abb. 13: Annahme eines gleichmäßigen Fortschreitens des Eintiefungskeiles unterhalb Albing (Schema-profil)

der Übergang in eine Auflandungsstrecke. (Dieser Übergang ist infolge des schematisch übertriebenen Höhenmaßstabes als Punkt dargestellt, in Wirklichkeit vollzieht er sich jedoch auf einer - besonders in Mündungsnähe - mehrere Kilometer langen Flußstrecke). Mit dem Fortschreiten der Eintiefung wird auch ein Teil der jungen Auflandung von oberstrom her wieder abgetragen, wodurch sich die Eintiefungsstrecke weiter flußwärts verschiebt.

Im vorliegenden Fall der u n t e r s c h i e d l i c h e n  
G e s c h i e b e a u f n a h m e , hauptsächlich bedingt  
durch flußbauliche Veränderungen oberstrom, ergibt sich nun  
kein gleichmäßiges Fortschreiten der Erosionsstrecke, sondern  
ein Vor- und Rückspringen über weite Strecken. In Tab. 3 sind  
die Fluß-km der Umschlagsbereiche zwischen Erosion und Auf-  
landung für die jeweiligen Zeitabschnitte der Abb. 11 ange-  
geben und können mit den Geschiebedaten verglichen werden.

Tab. 3: Lage der Erosions- und Auflandungsstrecken bzw.  
deren Übergangsbereiche zu bestimmten Zeiten  
(z.B. 1924)

| Zeitintervall   | Fluß-km              |
|-----------------|----------------------|
| 1906/ <u>11</u> | 69-65                |
| 1912/ <u>16</u> | 57-55                |
| 1917/ <u>20</u> | ~ 15-4               |
| 1921/ <u>24</u> | 51-39                |
| 1925/ <u>28</u> | 21-16                |
| 1929/ <u>32</u> | 16-9                 |
| 1933/ <u>38</u> | ab ~ 30 ausgeglichen |
| 1939/ <u>43</u> | 39-32                |
| 1944/ <u>48</u> | 39-29                |

Ordnet man die in den Jahren 1906-1948 aufgenommenen  
NW-Spiegellagen nach ihren Höhenkoten, so ergibt sich zwischen  
km 70 und etwa 55 durchweg noch eine Übereinstimmung mit den  
Jahresfolge. Weiter abwärts dagegen treten Unregelmäßigkeiten  
auf, welche eine langsam zunehmende Inkonzanz der Eintie-  
fungsraten oder eben deren Umkehr in Auflandung anzeigen.

Es wird also das Geschiebedefizit einer kurzen Oberstrecke  
mit hoher, konstanter Geschiebeaufnahme (Fluß-km 70 bis ca. 55)  
auf einer langen, zeitlich variablen Flußstrecke geringer Ein-  
tiefungsbeträge (Größenordnung weniger Zentimeter) ausge-  
glichen.

Immerhin ist von 1906 bis 1948 noch bei "Dingolfing insgesamt  
eine Absenkung von 60 cm festzustellen. Etwa bei der Eisen-  
bahnbrücke Landau ist die Sohllage ausgeglichen. Weiter unter-

halb tritt Auflandung ein, die bis zur Mündung  $1/2$  m kaum übersteigt. Ab Fluß-km 40, besonders aber unterhalb Landau werden jedoch die Auflandungsbeträge durch Flußbaggerungen (seit 1920 verstärkt durchgeführt) z.T. wieder abgebaut. Die Eintiefung im Unterwasser des Albinger Wehres ist aus Abb. 13 zu entnehmen, dabei beträgt die maximale Absenkung bei km 70 4,50 m. Bis zum Einstau des Kraftwerkes Altheim im Jahre 1951 ist ein Eintiefungsbetrag von 5,00 m anzunehmen.

Das zeitliche Fortschreiten des Eintiefungskeiles und sein Einschneiden ins Tertiär ist aus Taf. 2 zu ersehen. Da das Tertiär dieser oberen Strecke des Untersuchungsgebietes vorwiegend aus kiesigem Lockermaterial besteht, gleicht es in seiner Erodierbarkeit dem Quartär. Bis auf eine Nagelfluhbank bei km 50,5 sind keine natürlichen Schwellen bekannt, die den Eintiefungsvorgang merklich beeinflussen. (Soweit Bohrerergebnisse vorhanden, wurde in Taf. 2 das Tertiärprofil des linken Flußufers durch das geologische Profil in Flußmitte ersetzt.)

Die hydrologischen Auswirkungen der Sohlveränderungen stellen sich in einem ebenfalls kontinuierlichen Absinken der Niedrigwasserstände dar (Höhenlage etwa 1,70 m über dem gemittelten Talweg). Auch die Hochwassersituation ist verändert. Die folgenden Angaben sind einer Denkschrift des Bayer. Staatsministeriums des Innern von 1931 entnommen: Auf der beschriebenen Eintiefungsstrecke von Landshut bis Loiching (s. Taf. 2) kommen nur noch geringe Ausuferungen vor, die nur die Auwaldzone berühren. Unterhalb Loiching tritt die Isar bei einer Wasserführung  $> 400 \text{ m}^3/\text{s}$  über die Ufer, was einen unveränderten - wegen der geringen Auflandung sogar einen leicht verschlimmerten - Zustand gegenüber der Zeit unmittelbar nach Abschluß der Isarkorrektion bedeutet. Es ergeben sich folgende Überschwemmungsgebiete (in km Breite):

|                    | bei $900 \text{ m}^3/\text{s}$ | bei $1200 \text{ m}^3/\text{s}$ | bei $1350 \text{ m}^3/\text{s}$ |
|--------------------|--------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Loiching-Mamming   | 1-1,5                          | 1-1,5                           | 1-3,5                           |
| Mamming-unt.Landau | 1,0                            | 2-2,5                           | 4-4,5                           |

Das HHW aus dem Jahre 1940 dürfte die Überflutungsbreite des HW von 1899 (s.S. 33) eingenommen haben.

So wurden also die vor der Isarkorrektion, aber auch unmittelbar danach noch bestehenden natürlichen Hochwassergebiete (s.S. 33 f.) auf folgende Weise beeinflusst:

- Verringerung der Überflutungsbreite im weniger hochwassergefährdeten, weil morphologisch gut getrepten Talstück oberhalb Dingolfing/Loiching durch Flußbettentiefung
- Gleichbleibende, z.T. sogar verstärkte Ausuferung in der stärker hochwassergefährdeten, weil morphologisch verflachenden Talaue unterhalb Dingolfing durch leichte Auflandung.

Erst kurz vor Landau (Fluß-km 34) begleitet die Isar linksseitig ein Hochwasserdamm, der aber bei größeren Hochwässern überlaufen wird. Das rechtsseitige Landau ist durch einen 2,5 km langen Damm abgeschirmt.

#### d) Die Flußbettumbildung nach dem Staustufenbau

Nach Fertigstellung der Stauanlagen unterhalb Landshut in den Jahren 1951 (Altheim und Niederaichbach) sowie 1957 (Gumming und Dingolfing; Ausbaudaten s.S. 69) trat die Isar völlig geschiebefrei aus den Stauräumen aus. Deshalb setzte im Unterwasser der jeweiligen Endspeicher Niederaichbach und später Dingolfing eine besonders starke Geschiebeaufnahme und damit eine rasch fortschreitende Tieferlegung der Flußsohle ein. In den Stauräumen selbst erfolgt die Ablagerung der gesamten Geschiebefracht (fast ausschließlich Altheim), aber auch eines Großteils der Schwebstoffe. Die Vorgänge in den Stauhaltungen üben jedoch, wenn erst die Stauräume durch Schwebstoffe abgedichtet sind (s.S. 71), keinen Einfluß auf das Grundwasser der Talaue aus und bleiben deshalb außer acht. Das Albinger Wehr liegt im Staubereich der Stufe Altheim und wurde aufgegeben.

Die Erosionsstrecke unterhalb Dingolfing gehört neben der der Wertach bei Schwabmünchen zu den bekanntesten Beispielen

der Flußbetteintiefung unterhalb von Stauanlagen und ist deshalb in Arbeiten von F.BAUER (1966), F.BAUER & BURZ (1968), ERTL (1957), RICHTER (1964) u. SEDLMAIR (1970) eingehend behandelt. Die Bearbeiter befassen sich vor allem mit den hydraulischen Bedingungen der Geschiebeaufnahme und der theoretischen Bestimmung der Sohleneintiefung. Nach RICHTER kann für die theoretische Bestimmung der Sohleintiefung grundsätzlich jede Geschiebetriebformel angewandt werden, sofern die verschiedenen Faktoren sorgfältig ermittelt werden. Dabei sei besonderer Wert auf die Ermittlung der Kornzusammensetzung des Sohlenmaterials zu legen. Ein wesentlicher Faktor ist auch der Gang des Abflusses.

Beim Vergleich der errechneten Werte mit dem tatsächlich erfolgten Massenabtrag ergeben sich jedoch Unterschiede, an denen die vielfältige Problematik der theoretischen Ermittlungen deutlich wird. Auf sie kann hier nicht eingegangen werden, jedoch sei aus geologischer Sicht folgendes bemerkt: In jeder der zahlreichen Geschiebetriebformeln ist eine lockere, unverfestigte Lagerung des Sohlenmaterials angenommen. Für den Fall der Unteren Isar gilt dies nur für das rezente Sohlenmaterial und die quartäre Kiesdecke. Jedoch hat die Isar an vielen Stellen bereits den tertiären Untergrund angeschnitten. Der Eintiefungsfortgang läuft aufgrund der dichten Lagerung der Feinsande, der unterschiedlichen Bindigkeit von Sandmergeln, Mergeln und Tonen oder auch durch das Auftreten von Nagelfluh- oder Schluffsteinbänken nach anderen, kaum in Rechnung zu stellenden Gesetzen ab. Auch sind die tertiären Feinsedimente nach ihrer Aufnahme durch den Fluß den Schwebstoffen zuzurechnen. So wurden z.B. die heute trocken liegenden Mühlbachausleitungen bei ihrer Durchflutung während des HW im Juli 1970 trotz ihrer Lage mehrere Meter über der Isarsohle von einer 50-80 cm dicken Schicht aus glimmerführendem Tertiärsand bedeckt. Der Massenabtrag eines Großteils der Tertiärsedimente unterhalb Dingolfing trägt daher nicht zur Geschiebesättigung bei.

Es ist nicht möglich, den Verlauf der Eintiefung auf seine zahlreichen Einflußgrößen zurückzuführen. Deshalb soll im folgenden die Entwicklung der Eintiefung anhand von Sohlen-

fixierungen im Zusammenhang mit Geschiebe und Abfluß nur beschreibend dargestellt werden. Dabei sei vor allem auf die geologischen Verhältnisse der Sohle hingewiesen, von denen die Vorgänge wesentlich abhängen. Später (S. 78) sollen zusätzlich von den Ganglinien flußbenachbarter Grundwasserpegel her Aussagen über Art und Entwicklung des Eintiefungskeils gemacht werden.

Nach F.BAUER (1965) beträgt die der Donau aus der Isar nach Fertigstellung der Kraftanlagen zugeführte mittlere jährliche Geschiebefracht  $92\ 000\ m^3$ . Beim Vergleich mit dem von ERTL für die Jahre 1925-1951 errechneten langjährigen Mittel der Geschiebebewegung zwischen Landshut und Mündung von etwa  $96\ 000\ m^3$  erreicht die Isar somit nach Verlassen der Stauräume bis zur Mündung in die Donau annähernd die Sättigung ihres Transportvermögens.

Die Geschiebeaufnahme unterhalb eines Querbaues wird maßgeblich bestimmt von der Geschiebezufuhr aus dem Oberwasser sowie vom Gang des Abflusses. Im Falle des Albinger Wehres wurde ein Großteil der Geschiebefracht noch aus dem Oberwasser geliefert, weshalb nach ERTL das Ausmaß der jährlichen Massenbewegung

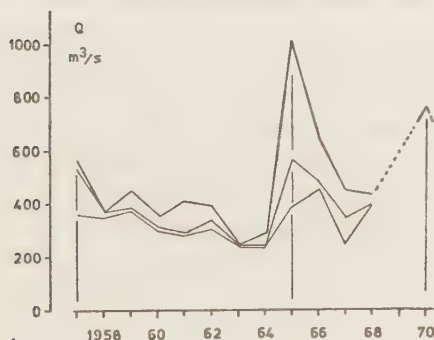


Abb. 14:  
Darstellung der jeweils  
drei größten Abflüsse  
jeden Jahres (1957/68;  
Pegel Landau)

von der wechselnden Jahresabflußsumme unabhängig ist. (Bei Hochwasser wird das gesteigerte Transportvermögen durch verstärkte Geschiebezufuhr aus dem Oberwasser ausgelastet; unterhalb des Wehres kann sogar Ablagerung eintreten. s.S.36, Abb. 11, Zeitraum 39/43). Da jedoch die Geschiebezufuhr im

Oberwasser der Kraftanlagen Niederaichbach bzw. Dingolfing völlig unterbunden ist, kommt in diesem Falle dem Abflußgeschehen - vor allem dem der Hochwässer - der entscheidende Einfluß auf die Geschiebeaufnahme zu (s. Abb. 14).

#### Eintiefung unterhalb Niederaichbach:

Unterhalb des Kraftwerkes Niederaichbach wurde das Sohlengefälle zunächst durch Baggerung von 1 ‰ auf 0,5 ‰ verringert. Danach schritt die Eintiefung durch Geschiebeaufnahme der Isar fort. Nach RICHTER (1964, S.45) muß ein Grenzwert des Abflusses von  $104,5 \text{ m}^3/\text{s}$  überschritten werden, um dort den Geschiebetrieb einzuleiten. 1951 noch teilweise im quartären Kies verlaufend, befindet sich der Talweg bis 1953 auf einer Länge von 5 km vollständig in den tertiären Feinkiesen. Die Form des Eintiefungskeiles - noch von der Flußbaggerung geprägt - ist gleichmäßig ausgebildet und hat sich bis etwa Fluß-km 50, also 10 km weit vorgeschoben (Taf.2). Mit fortschreitender Eintiefung legt die Isar bei km 59,1 und 58,2 zu Nagelfluh verbackene tertiäre Kiesbänke frei, wodurch sich eine unregelmäßige Form des Eintiefungskeiles einstellt, dessen Ende 1957 bei Dingolfing/Gottfrieding anzunehmen ist. Mit dem Einstau der Stufe Gummering 1957 endet die Eintiefung, die in  $5 \frac{1}{2}$  Jahren Werte von 2-3 m erreichte, was einer jährlichen Eintiefungsrate von 45,5 cm entspricht. Die Nagelfluhbänke dürften die Eintiefung um etwa 1,0 m verringert haben, wie aus einer theoretisch ausgeglichenen Sohle zwischen der verfestigten und der unverfestigten Strecke hervorgeht. Stellt man gegen dieses Erosionshindernis die durch die künstliche Kiesentnahme vorweggenommene Eintiefung in Rechnung, so darf man die jährliche Eintiefungsrate von ca. 50 cm als tatsächlichen Wert annehmen.

#### Eintiefung unterhalb Dingolfing:

Die eigentliche Eintiefungsstrecke beginnt erst unterhalb der durch eine Steinschwelle gesicherten Straßenbrücke von Dingolfing bei Fluß-km 45,5. Diese Schwelle soll auch das Unterwasser des Kraftwerkes auf konstantem Niveau halten

(Baggerungen von 1954 bis 1957: 164 000 m<sup>3</sup>). Nach RICHTER (1964, S.54) beginnt hier der Geschiebetrieb bei einer Wasserführung von 91 m<sup>3</sup>/s.

Die seit der Isarregulierung bis zum Jahre 1951 insgesamt wenig veränderte Höhenlage der Isarsohle (s. Abb. 11, Pegel Dingolfing) verlief fast durchweg noch in einer dünnen Auflage von Quartärmaterial. Die in den Jahren 1951 bis 1957 auf ganzer Länge bis zur Mündung erfolgende Tieferlegung der mittleren Sohle um durchschnittlich 80 cm ist nur zum kleineren Teil auf die Auswirkungen der Stauanlagen Altheim und Niederaichbach, vielmehr aber auf umfangreiche Flußbaggerungen auch unterhalb der Brücke Gottfrieding (Aufschüttung von Hochwasserdämmen) zurückzuführen. Erst nach 1957 setzt die keilförmige Sohleneintiefung ein. Etwa seit dem Jahre 1960 ist

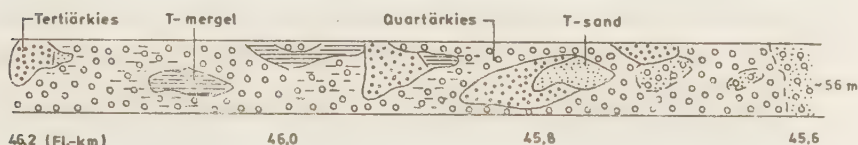


Abb. 15: Beispiel für die geologische Beschaffenheit der Flußsohle nach Erreichen des tertiären Untergrundes (Draufsicht)

die kuppig-wellige Fläche des Tertiäruntergrundes erreicht, der nur in der oberen Lage (bis etwa 1 m) aus Feinkiesen, darunter aber überwiegend aus Feinsanden besteht. Einen Eindruck der wechselhaften Geologie der Flußsohle vermittelt die auf ganzer Breite geologisch aufgenommene Baggersohle oberhalb der Brücke (abfallend von 348,90 m ü.NN bei km 46,3 auf 348,50 m ü.NN bei km 45,5), wie sie auch dem unterhalb der Brücke nach 1960 erreichten Eintiefungsniveau, bezogen auf die Tertiäroberfläche, entspricht (Abb. 15). Die Erosionsvorgänge während des HW 1965 verlegten dann die Sohle von Dingolfing bis Gottfrieding sprunghaft vollständig ins Tertiär. Die geologischen und bodenmechanischen Verhältnisse des Sohlenmaterials sind gut aus den 1967. zwischen Fluß-km 45 und km 33 auf der Flußsohle niedergebrachten Bohrungen zu ersehen. Sie seien im folgenden kurz wiedergegeben:

Etwa unterhalb von km 42 (Gottfriedinger Brücke) stellt sich die quartäre Auflage ein. Wie aus Taf. 2 ersichtlich, ist dies vor allem durch einen stufenhaften Abfall des Tertiärs um rund 2-3 m, weniger dagegen durch die abnehmende Eintiefung bedingt. Ein ähnlicher Abstieg der Tertiärfläche erfolgt bei km 38. Das Quartär (Mittelkiese, schwach bis stark sandig (10-40 %), z.T. feinkiesig, grobkiesig, steinig) liegt durchweg in lockerer Lagerung vor. Das Tertiär, oberhalb von km 42 freiliegend, besteht aus einer ständig wechselnden Folge von Feinsand-, Schluff- und Tonlagen, die Mächtigkeiten vom Dezimeter-Bereich bis zu mehreren Metern annehmen. Als bodenmechanische Eigenschaften lassen sich in der Regel angeben für

Feinsande: mitteldichte Lagerung,  $U = 1-10$ , ca. 10 %

Schluffanteil, hoher Glimmergehalt;

Schluffe und Tone (Mergel): Konsistenz weich bis halbfest, unterschiedlich feinsandig.

Bei Fluß-km 43,8 steht eine 3 m mächtige, steife bis halbfeste Schluffschicht an, deren Oberkante (20 cm) zu Schluffstein verfestigt ist. Diese Bank bildete ehemals eine besonders bei NW erkennbare natürliche Schwelle, die aber heute stark abgebaut ist.

Die geschilderten geologischen Verhältnisse sollen die Zufälligkeit und Unberechenbarkeit der Eintiefungsvorgänge im Tertiär deutlich machen, die kleinräumig durch Schwellen (bindiges, verfestigtes Material wie Schluffe und Tone) und Auskolkungen (Sande) sichtbar sind. Der Kolk unterhalb der Brücke Dingolfing erreichte bis heute eine Tiefe von 13 m unter dem Niveau des Niedrigwasserspiegels.

Einzelne Stadien des Eintiefungsfortganges sind in Taf. 2 festgehalten. Die Tieferlegung der Sohle schreitet vor allem bei Hochwasserabfluß sprunghaft fort. Deshalb seien die Vorgänge anhand der beiden Hochwasserereignisse seit dem Wirksamwerden des Geschieberückhaltes 1957, nämlich dem des Juli 1965 ( $1005 \text{ m}^3/\text{s}$ ) und dem des August 1970 (vorläufige Abflußfestlegung:  $762 \text{ m}^3/\text{s}$ ) dargestellt: In Tab. 4 können die

Jahreseintiefungsraten der mittleren Sohle des HW-Jahres 1965 mit denen der vorhergehenden und nachfolgenden Jahre ohne besondere Hochwasser-Ereignisse verglichen werden.

Tab. 4: Jahreseintiefungsraten unterhalb Dingolfing (cm)

| Fluß-km | 45         | 44        | 43        | 42   | 41  | 40  | 39  | 37  | 35  |
|---------|------------|-----------|-----------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1957-64 | 8,5        | 6,0       | 9,5       | 13,0 | 6,0 | 4,3 | 4,6 | 4,3 | 6,0 |
| 1965    | <u>145</u> | <u>95</u> | <u>70</u> | 13   | 17  | 30  | 22  | 11  | 4   |
| 1966/67 | 10         | 25        | 24        | 22   | 17  | 18  | 15  | 12  | 10  |

Sofort fallen die extremen Eintiefungsbeträge auf, die sich während des HW 1965 einstellten. Die Werte der Jahre 1957 bis 1964 und 1966 bis 1967 sind jedoch größenordnungsmäßig zu vergleichen. (Die im Gegensatz zu 1966/67 kleineren Werte der Jahre von 1957 bis 1964 sind auf teilweise Geschiebezufuhr aus der Strecke oberhalb der Brücke zurückzuführen. Diese wird erst nach 1965 durch Erneuerung der Steinschwelle nahezu unterbunden). Die Eintiefungsraten von 1965 unterscheiden sich jedoch nur auf der Flußstrecke von km 45 bis km 42 erheblich. Unterhalb km 42 nimmt die Eintiefung über alle Jahre hinweg vergleichbare Beträge an, wobei die Unterschiede an dieser Stelle sprunghaft zurücktreten. Eine Abhängigkeit von der geologischen Beschaffenheit der Flußsohle liegt nahe, da nach Beseitigung der letzten Quartärreste oberhalb km 42 ein schlagartiger Abbau der tertiären Feinsedimente einsetzen konnte. Jedoch darf - wie schon oben erwähnt - der Tertiärabtrag nur in ganz geringem Maße dem Geschiebe zugeordnet werden. So beginnt die Isar ihr Transportvermögen erst beim Eintritt ihrer Sohle in die quartären Kiese mit Geschiebe auszulasten.

Die von da an auftretenden verhältnismäßig einheitlichen Eintiefungsbeträge erinnern an Vorgänge unterhalb des Albinger Wehres: Dort wirkten sich unterschiedliche Geschiebefrachten neben nur leicht erhöhten Eintiefungsbeträgen vor allem durch weites Vor- und Rückspringen der Strecke der Geschiebeaufnahme aus. Dieselben Vorgänge sind für die Strecke unterhalb Dingolfing, genauer nach dem Eintritt der Flußsohle in das

quartäre Lockermaterial anzunehmen: Die Eintiefungsstrecke ist je nach Transportvermögen der Isar bei nur geringfügiger Erhöhung der örtlichen Eintiefung unterschiedlich weit vorge-schoben. So erfolgt während des HW 1965 bis zur Einmündung in die Donau Erosion, die von nur kurzen Auflandungsstrecken unterbrochen ist. In abflußärmeren Jahren verschiebt sich der Übergangsbereich zwischen Auflandung und Erosion isaraufwärts. Jedoch sollen die Verhältnisse unterhalb Landau außer Betracht bleiben. Diese sind zudem durch häufige Flußbaggerungen vor allem in den 50er Jahren gestört.

Bis zum Jahr 1970 hat die Flußsohle schon bis km 38 teilweise das Tertiär angeschnitten. Eine größere Eintiefung erfolgte wiederum während des Hochwassers im August 1970. Auch hier ist beim Vergleich der Eintiefungsbeträge wie beim HW 1965 eine sprunghafte Abnahme der Eintiefungsbeträge fest-zustellen, die wohl ebenfalls auf den Übergang der Sohle vom Tertiär in eine noch völlig geschlossene Quartärdecke bei km 39 zurückzuführen ist. Von da an nehmen die Eintiefungs-werte flußabwärts nur sehr langsam ab (Tab. 5).

Tab. 5: Eintiefungsraten der Flußsohle während des Hoch-wasserjahres 1970

|         |            |           |            |            |           |           |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------|------------|-----------|------------|------------|-----------|-----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| km      | 45         | 44        | 43         | 42         | 41        | 40        | 39 | 38 | 37 | 36 | 35 | 34 | 33 | 32 | 31 | 30 |
| m.Sohle | <u>110</u> | <u>45</u> | <u>70</u>  | <u>65</u>  | <u>55</u> | <u>50</u> | 25 | 20 | 15 | 15 | 15 | 5  | 23 | 12 | 5  | 15 |
| Talweg  | <u>160</u> | <u>35</u> | <u>165</u> | <u>120</u> | <u>70</u> | <u>80</u> | 15 | 25 | 5  | 25 | 30 | 10 | 18 | 55 | 8  | 20 |

Die Sohlenpeilung nach dem HW 1970 ist die letzte vor-liegende. Bis heute dürfte die Eintiefung entsprechend der mittleren Jahresrate noch weiter fortgeschritten sein. Diese beträgt unmittelbar unterhalb des Kolkes bei Dingolfing 30 cm, wobei dieser Wert zum Großteil durch Tertiärabtrag zustande kommt.

Die Eintiefung der Isar bewirkte zusammen mit den 1955 fertiggestellten linksseitigen Hochwasserdämmen eine Vermin-derung der Überflutungsbreiten. (Bei km 39 an den Bahndamm an-schließend, begleitet der erste Damm die Isar in 200-300 m Abstand bis kurz vor Landau; ein zweiter verläuft dahinter vom

Bahndamm bei Goben bis zur Isar bei Landau.) Das HW 1954 ( $1470 \text{ m}^3/\text{s}$ ) überflutete ab Dingolfing die Talaue noch etwa bis zur Bahnlinie, wobei die gerade im Bau befindlichen Dämme hinterlaufen wurden. Das kleinere HW des Jahres 1965 ( $1000 \text{ m}^3/\text{s}$ ) trat erst unterhalb der Strecke der stärksten Eintiefung, von der Gottfriedinger Straßenbrücke an, über die Ufer. Der eigentliche Überflutungsbereich hielt sich innerhalb der Hochwasserdämme. Dahinter kam es teils bis an die Bahnlinie zu Grundwasserauftritten.

## 1.2. Das übrige Gewässernetz der Talaue

Seitenbäche: Auf der topographischen Karte sind zahlreiche in die Talaue eintretende Seitenbäche verzeichnet. Davon führen aber nur wenige, vor allem die der rechten Tal-seite, das ganze Jahr hindurch nennenswerte Wassermengen, wobei ihr mittlerer Abfluß  $100 \text{ l/s}$  kaum übersteigt. Er hat im Hinblick auf die Isarwasserführung keine Bedeutung. Die meisten Seitenbäche der linken Talseite führen nur zeitweise wenige  $\text{l/s}$ , können aber bei Gewitterregen und Wolkenbrüchen zu mächtigen Gießbächen anschwellen und dann unkontrolliert ins Tal eintreten. Normalerweise münden sie in Moorgräben oder verlaufen sich in der Talfläche. Auch sie sind hydrologisch und hydrogeologisch ohne Belang. Vielmehr läßt ihr häufiges Trockenliegen Rückschlüsse auf die Versickerungsfähigkeit und den unterirdischen Abfluß des tertiären Hinterlandes zu.

Mühlbäche: Sie bestehen seit alters her und haben ihren Ursprung in Restarmen der Isar, die durch Ableitungen vom Hauptfluß künstlich erhalten und zu Bächen ausgebaut wurden. Ihr Lauf folgt deshalb meist den Terrassenkanten. Vor der Regulierung der Isar noch durch mehrere Zuleitungen mit ihr verbunden und nur streckenweise angelegt, wird heute der Längenmühlbach mit einer Pflichtwassermenge von  $3,2 \text{ m}^3/\text{s}$  bei Altheim aus dem Staauraum abgeleitet und begleitet die Isar ohne weitere Zuleitung auf ganzer Länge. Die linksseitig aufgenommenen Bäche und Moorgräben werden zum Teil als "Fehlbäche" wieder an die Seitengräben (s.u.) abgegeben. Der Mühl-

bach, der sich vor Landau verzweigt, treibt die Anlagen kleinerer Betriebe. Die hohe Schwebstoffführung hat sein Bett wohl völlig abgedichtet, so daß in der Regel kein Kontakt zum Grundwasser besteht. Er fließt über dem Grundwasserkörper, kaum in das Gelände eingesenkt, manchmal sogar durch Rehnen leicht aufgedeicht.

Moorgräben: Versuche, das Moor durch Abzugsgräben zu entwässern, gehen in die Zeit vor der planmäßigen Entwässerung zurück. So wird 1829 der Aushub des Schwarzgrabens bei Dingolfing erwähnt. Auch andere Hauptgräben dürften um diese Zeit angelegt worden sein. Da jedoch nicht nach einheitlichem Plan und ohne Ausnutzung von Gefälle und Vorflut ausgeführt, waren diese wenig wirksam und wurden vernachlässigt. Um die Jahrhundertwende wurde dann das in den Grundzügen noch heute bestehende Entwässerungsnetz zum Teil unter Ausnutzung alter Gräben angelegt und damit eine wirksame Entwässerung des Moores eingeleitet. Änderungen und Erweiterungen des Grabensystems erfolgen bis heute. Die Gräben nehmen auch die spärlichen Zuflüsse des linken Talrandes auf und münden selbst in den Mühlbach. (Über ihre hydrogeologische Bedeutung s.S. 52 u. 107.)

Über die Seitengräben der Stauanlagen s.S. 70.

## 2. Die Hydrogeologie des Isartales vor dem Bau der Stauanlagen

Die folgenden Darstellungen betreffen die Situation vor Inbetriebnahme der Staustufenkette von Altheim bis Dingolfing in den Jahren 1951 und 1957 bzw. den auch später nicht durch die Stauanlagen beeinflussten Talbereich. Zuerst werden die hydrogeologischen Eigenschaften bestimmter geologischer Elemente erläutert, dann deren hydrogeologische Zusammenhänge aufgezeigt. Abschließend sei auf frühere Grundwasserstände eingegangen, die sich rückwirkend aus den dargestellten Verhältnissen ableiten lassen.- Die Grundwasserstandsmessungen entstammen einem Pegelnetz der Bayernwerk AG und werden seit etwa 1945/49 in 14-tägigem Rhythmus durchgeführt. Die Grundwasserpegel sind Schlagrohre von 1 1/4 Zoll lichter Weite, die von unten auf einer Länge von 80 cm gelocht sind.

## 2.1. Hydrogeologische Elemente des Isartales

### 2.1.1. Die tertiäre Unterlage des quartären Grundwasserleiters

Sie wird gebildet von den Kleinkiesen und Sand-Mergel-Gesteinen der Süßwasserschichten. Während die Kleinkiese mit den quartären Talschottern noch ein zusammenhängendes Grundwasserstockwerk bilden, geben die Feinsand- und besonders die Mergellagen mit geringen oder fehlenden Durchlässigkeiten einen wirksamen Stauhorizont ab, in dem die Grundwasserbewegungen im Vergleich zum Quartär vernachlässigt werden können. Die Kleinkiese besitzen gegenüber den Quartärschottern eine etwa um den Faktor 10 kleinere Durchlässigkeit als die flußnahen Talschotter. Deshalb wirkt die Grenze zwischen tertiären und quartären Kiesen bei lateral strömendem Grundwasser als Trennfläche, die den Grundwasseraustausch stark zurücktreten läßt. Dies ist unterhalb Niederaichbach durchweg der Fall, wo die Kiese im Tertiär zudem immer stärker zurücktreten. Erst mit ihrer weiter im Westen auftretenden flächigen Verbreitung unter dem Quartär stellen sie unter der Isar hindurch einen wirksamen hydrogeologischen Kontakt zwischen rechten und linken Talschottern her (s.S.106). Ein noch besserer hydrogeologischer Kontakt besteht zwischen den Quartärkiesen und den tertiären Vollschothern, welche Durchlässigkeiten besitzen, die nur wenig geringer sind als die des Quartärs. Sie bilden aber erst kurz unterhalb von Landshut die tertiäre Talsohle.

### 2.1.2. Tertiärhänge und Schwemmkegel

Die Erneuerung des Grundwassers der Talaue erfolgt vor allem durch Zuzug aus dem Tertiär. In diesem stellt der Nördliche Vollschotter einen guten Grundwasserleiter dar, der vor allem im Liegendteil von Grundwasser erfüllt ist. Die Lage des Nördlichen Vollschothers ist aus Abb. 2 ersichtlich. Neben diesem stets ausgebildeten Grundwasserstockwerk dürfte sich über den in die Schotter eingeschalteten Mergeln und über dem Süßwasserkalk schwebendes Grundwasser vorübergehend ansammeln. Dieses tritt dann zum Teil in schwachen, episo-

disch fließenden Quellen meist der oberen, vom Tal abgerückten Hanglagen aus.

Grundwassersohlschicht bilden wie im Taltrog die Gesteine der Süßwasserschichten. Die meist im unteren Hangdrittel ausbeißende Trennfläche ist am rechten Talrand durch zahlreiche, häufig kalktuffbildende Schichtquellen gekennzeichnet. Die Quellwässer fließen entweder den nahen Vorflutern zu oder versickern wieder nach Erreichen des Talbodens. Der Hangfuß ist häufig mit Schilf bewachsen.

Am nördlichen Talhang treten bei gleichem geologischem Aufbau keine Quellen über den Süßwasserschichten aus. Das Hangprofil ist durch Schwemmkegel verdeckt, in deren liegende Kiesschüttungen das Grundwasser eindringt. Oberflächlicher Austritt wird durch die Lehmdecke verhindert, die das Grundwasser am Hangknick gespannt hält und es so unterirdisch den Talschottern oder auch dem Moor zuführt (vgl. Abb. 8, S.24).

### 2.1.3. Altstadt-Stufe und Moore

Der Grundwasserzutritt aus dem Tertiär von Norden her wird zum weitaus größten Teil von den Schottern der Altstadt-Stufe aufgenommen, da diese im Durchschnitt 4-5 mal mächtiger und ungleich wegsamer sind als die Moordecke. In den Schottern unterströmt das Grundwasser die Moordecke und strebt den jüngeren Terrassen zu. Allerdings wird der Schotterkörper von den Moorentwässerungsgräben flach angeschnitten, die etwa 1/10 des Gesamtgrundwassers von Moor und Schotter oberflächlich abführen (s.S. 107). Außerdem gelangt das Grundwasser in Form von Quellaufstößen auf direktem Weg vom Schotter zur Oberfläche. Die Quellen befinden sich in der Nähe des nördlichen Talrandes, wo das leicht gespannte Grundwasser aus den Schwemmfächern ins Tal übertritt. Gräben und Quellen tragen so zur Entspannung des Grundwassers bei.

Schotter und Moor bilden - wenn auch meist durch eine tonige Lage getrennt - ein zusammenhängendes Grundwasserstockwerk, jedoch unterscheidet sich die Art der Wasserbewegung in beiden Medien. Die gemeinsame Grundwasseroberfläche liegt im Norden knapp unter der Mooroberfläche, nähert sich

gegen Süden mit ausdünnendem Moor dessen Basis, bis sie schließlich im Schotter verläuft. Der Südrand der Moore liegt trocken.

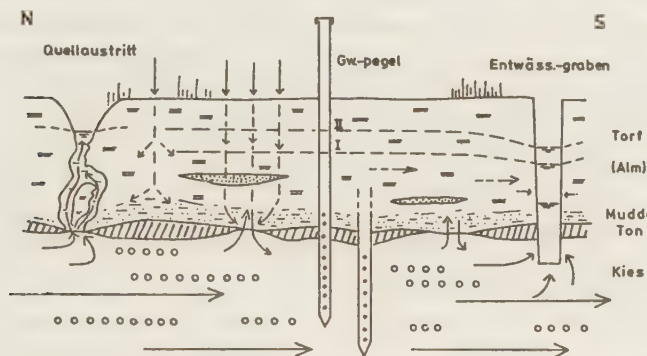


Abb. 16: Schema der Grundwasserbewegung im Moor

Die Art der Grundwasserbewegung im Moor und der Austausch zwischen Moor und Schotter sind in Abb. 16 dargestellt. Infolge der tonigen Trennfläche ist die Grundwasserzufuhr in das Moor auf bestimmte Flächen oder Punkte beschränkt, an denen dieses unmittelbar dem Kies aufliegt. Neben der tonigen Unterlage dichten die unteren Muddelagen des Moores zusätzlich stark ab. Da der Torf selbst stark zersetzt, bisweilen schluffig-breiig vorliegt, ist in ihm nur eine erheblich verzögerte Grundwasserbewegung möglich. Es wurde beobachtet, daß das Wasser einer etwa 3 m neben dem Entwässerungsgraben gelegenen Moorblänke nicht zum Graben durchsickerte, sondern beständig eine Spiegelhöhe etwa 1 m über der des Grabens beibehielt. An anderer Stelle füllte sich eine frisch in den Grundwasserbereich des Moores eingebrachte Ausschachtung nur sehr zögernd mit Wasser.

Das Grundwasser bewegt sich also im Moor äußerst träge und gelangt vorübergehend wohl auch zur Stagnation. Im Gegensatz zum zügig lateral strömenden Grundwasser der Schotter dürften im Moor zusätzlich vertikale Grundwasserbewegungen auftreten, die von oben durch einsickernde Niederschläge, von unten durch Grundwasserzufuhr aus den Schottern angeregt werden.

Nach mündlicher Mitteilung sind die im Mooregebiet befindlichen Beobachtungsrohre bis in den Schotter geschlagen. Hierbei ist unsicher, ob die 80 cm lange Lochstrecke noch in die untere Moorlage hineinreicht. (Beim Abpumpen der Pegel drang sehr häufig zunächst schwarze Schlammtrübe aus.)

Da das Grundwasser des Moores nur wenig unter der Oberfläche ansteht, reagiert es auf stärkere Regenfälle unmittelbar mit einem deutlichen Anstieg, der auch sehr schnell im Pegel angezeigt wird. Der durch die gestiegene Grundwasseroberfläche erhöhte Druck überträgt sich auf die Basis des Moores und läßt den Grundwasserspiegel im Beobachtungsrohr von I auf II ansteigen (Abb. 16).

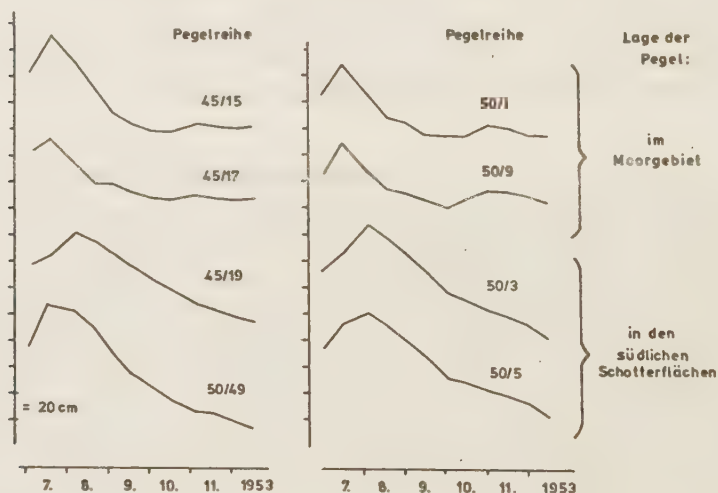


Abb. 17: Pegelanstieg des Grundwassers im Moor-gebiet während eines Trockenwetters

Das aus den Vollschootern der Talflanke austretende Grundwasser unterscheidet sich in seiner Ganglinie von der des Grundwassers der Talaue deutlich (s. auch Abb. 39, S. 93). Die im Vollschootter auftretenden Spiegelschwankungen bedingen einen unterschiedlichen Grundwasserzustrom in die Schotter der Talaue. Während eines Trockenwetters im Herbst 1953, als

die Grundwasserstände des Tales generell sanken, war bei den im Mooregebiet gelegenen Pegeln ein vorübergehender Anstieg zu verzeichnen (Abb. 17): Ein plötzlich erhöhter Grundwasserzustrom aus dem Tertiär setzte den Grundwasserkörper für kurze Zeit unter Druck, der aber durch die grundwasserentspannenden Moorgräben schnell wieder abgebaut wurde. Der erhöhte hydrostatische Druck läßt den Grundwasserspiegel in den Beobachtungsrohren des Moorbereiches z.B. von I auf II (Abb. 16), nicht aber die Grundwasseroberfläche des Moores selbst ansteigen. Dagegen sinkt der nicht auf Druck reagierende freie Grundwasserspiegel außerhalb des Moores im Verlauf des Trockenwetters weiter ab. (Ein plötzlicher Anstieg des Luftdrucks, der für einen derartigen Trockenwetteranstieg ebenfalls verantwortlich sein könnte, liegt nicht vor.)

Von zwei Grundwasserbeobachtungsrohren bei Töding wurde eines in die Moorauflage, das andere unmittelbar benachbart bis in den Kiesuntergrund eingebracht, wobei der Kontakt zum Moor durch Abdichtung unterbunden wurde. Die sich einstellende Differenz der beiden Spiegellagen (Momentanwert 7 cm) deutet auf nicht phasengleich ablaufende Grundwasserschwankungen von Moor und Kies hin.

Die Teilentwässerung der Moore wird vor allem indirekt und langfristig durch Abführen des Wassers aus den Schottern bewirkt. Die unmittelbare Drainwirkung der Gräben auf das Moor ist in der Regel sehr gering und erreicht nur in der Nähe des Nordrandes größere Ausmaße.

Obige Beispiele zeigen, daß zwischen dem Grundwasser der Moorauflage und dem der Schotter ein zeitlich verzögerter Austausch vor sich geht. Infolge der stark unterschiedlichen Wegsamkeit beider Schichten können im Grundwasser der Schotter durch verstärkten Tertiärwasserzuzug leichte Spannungen auftreten, die sich infolge der entlastenden Wirkung von Quellen, Gräben und zögerndem Eintritt von Grundwasser ins Moor abbauen.

Der Grundwassertransport zum Vorfluter vollzieht sich praktisch ausschließlich in den Schottern der Altstadt-Stufe

und wird vom aufliegenden Moor fast nicht beeinflusst. Für die Schotter wurde nach der Methode von BEYER (1964) aus den Siebkurven (Abb. 3) ein durchschnittlicher  $k_f$ -Wert von  $0,35-0,4 \cdot 10^{-2}$  m/s ermittelt. Von anderer Stelle werden für das Gebiet nördlich von Dingolfing ebenfalls nach BEYER Werte zwischen  $0,02$  und  $0,06 \cdot 10^{-2}$  m/s angegeben, die aber zu niedrig erscheinen; deshalb wurde in der praktischen Anwendung mit dem Wert  $0,4 \cdot 10^{-2}$  m/s gearbeitet. Die Erfahrungswerte für "sandigen Fein- bis Mittelkies", um den es sich hier handelt, liegen im Bereich von  $0,1$  bis  $0,75 \cdot 10^{-2}$  m/s. Die  $k_f$ -Werte für petrographisch vergleichbare Schotter bei Erding betragen im Mittel  $0,32 \cdot 10^{-2}$  m/s.- Für die Schotter der Altstadt-Stufe wird demnach ein mittlerer Durchlässigkeitsbeiwert von etwa  $0,3-0,4 \cdot 10^{-2}$  m/s angenommen.

#### 2.1.4. Jüngere Schotterstufen

In diese tritt das Grundwasser nach Verlassen der Altstadt-Stufe etwa in Talmitte ein. Ihr inhomogener Aufbau wurde beschrieben.

Für die Schotter wurden zahlreiche Untersuchungen zum  $k_f$ -Wert vorgenommen: Von seiten der Bayernwerk AG liegen die Ergebnisse mehrerer sehr sorgfältig durchgeführter Pumpversuche vor. Da die Durchlässigkeit der Schotter weniger von der summarischen Korngrößenzusammensetzung (Abb. 3, S.12) als vielmehr von der Schichtung und sonstigen Inhomogenitäten im Schotterprofil abhängt, dürften gerade die Pumpversuche den  $k_f$ -Wert gut wiedergeben. Aus vier Versuchen auf dem Gelände des Kraftwerkes Niederaichbach ergaben sich aus jeweils mehreren Werten folgende Mittelwerte:  $1,1$ ,  $1,27$ ,  $1,63$  und  $1,43 \cdot 10^{-2}$  m/s. Bei Ettling (Fluß-km  $20,4$ ,  $120$  m links der Isar) wurde ein Wert von  $1,1 \cdot 10^{-2}$  m/s ermittelt. K.BAUER (1964) gibt für den Talbereich um Niederaichbach  $1,0 \cdot 10^{-2}$  m/s an, wobei er sich wohl zum Teil auf obige Pumpversuche stützt. SCHEURMANN (1970) bestimmte nach KOZENY 7 Durchlässigkeitsbeiwerte im Stadtgebiet von Landshut, deren Mittel  $1,1 \cdot 10^{-2}$  m/s beträgt. Nach NEUMAIER (1971) kann aufgrund radiohydrometrischer Untersuchungen auf dem Gelände des Kernkraftwerks

Niederaichbach für die quartären Schotter ein mittlerer  $k_f$ -Wert von  $10^{-2}$  bis  $5 \cdot 10^{-2}$  m/s angegeben werden.

Die vorliegenden Werte wurden alle im jüngsten, flußnahen Bereich ermittelt. Für ihn dürften  $k_f$ -Werte zutreffen, die zwischen  $10^{-2}$  und  $5 \cdot 10^{-2}$ , wahrscheinlich jedoch nahe bei  $10^{-2}$  m/s liegen. Da die übrigen, kleinräumig verschachtelten Terrassen durch ähnlichen Schüttungsmechanismus entstanden sind und sich in ihrer Korngrößenverteilung (s.S. 12) entsprechen, darf man für sie  $k_f$ -Werte derselben Größenordnung annehmen.

Den geringeren Durchlässigkeitsbeiwerten der hauptsächlich schichtflutartig geschütteten, homogenen Altstadtschotter von ca.  $0,3-0,4 \cdot 10^{-2}$  m/s stehen also höhere der stärker von Mäanderbewegungen beeinflussten, jüngeren Schotter von mindestens  $10^{-2}$  m/s gegenüber.

Die besonders gute Durchlässigkeit der alten Isararme wird später belegt (s.S. 71 ff.).

## 2.2. Hydrogeologische Zusammenhänge

### 2.2.1. Analyse von Fließrichtung und Gefälle des Grundwassers

Die geologisch-morphologische Gesamtanlage der Talfüllung bestimmt die generelle Grundwasserströmung vom Tertiärrand zum Vorfluter. Diese kann durch spezielle hydrogeologisch wirksame Eigenschaften von einzelnen Bauelementen überlagert und so abgewandelt werden.

#### a) Abhängigkeit von der Änderung der geologisch-morphologischen Anlage der Schotterkörper im Talverlauf

Vergleicht man den Verlauf der ausgeglichenen topographischen Höhenlinien mit dem Verlauf der Grundwasserisohypsen (Taf. 3), so ergibt sich eine recht gute Übereinstimmung der generellen Grundwasserfließrichtung mit der morphologischen Anlage der Talschotter.

Auf der Linie Ergolding - Essenbach strebt das Grundwasser nach Verlassen der Hochterrasse mit einem der dortigen Morpho-

logie entsprechenden Gefälle von 5-7 ‰ unter einem Winkel von 70-80° ohne allzu deutliche Richtungsänderung dem Vorfluter zu. Weiter talabwärts lösen sich die Isohypsen immer rascher vom Hang, wobei das Grundwasser bald eine zum Tal diagonale Richtung annimmt. Bei Dingolfing beträgt der Auftreffwinkel des Grundwassers auf den Vorfluter 45° bei einem Durchschnittsgefälle von nur noch 1,5 ‰. Weiter unterhalb nimmt das Grundwasser entsprechend der Talmorphologie zunehmend talparallele Richtung an, die es etwa bei Landau erreicht (s.auch Abb. 36a, S. 88). Sein Gefälle nähert sich dem Talgefälle, das hier auf ganzer Breite 1 ‰ beträgt.- Die Oberflächenmorphologie spiegelt das generelle Relief der wirklich für die Ausbildung der Grundwasseroberfläche verantwortlichen Grundwassersohlfäche wider.

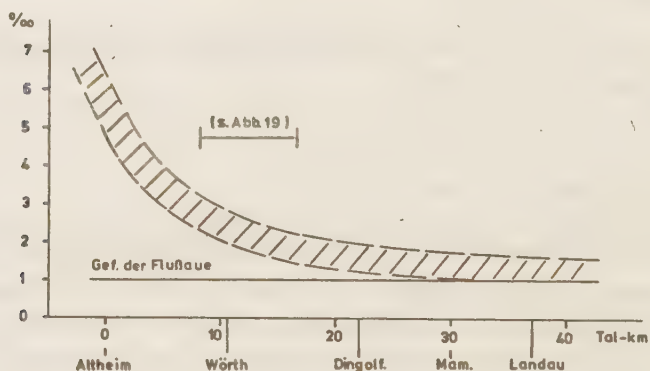


Abb. 18: Änderung des Grundwassergefälles im Talverlauf

In Abb. 18 ist das jeweilige mittlere Grundwassergefälle gegen die Talstrecke aufgetragen. Es nähert sich zuerst schnell, dann immer langsamer nach Art einer Asymptote dem Gefälle der Auwald-Stufe bzw. dem der Isar von etwa 1 ‰. Im Kurvenverlauf kommt die in der Gegend von Landshut ausklingende Hebung der Landshuter Schwelle zum Ausdruck. Die an die Gefälleänderung des Grundwassers gekoppelte Grundwasserfließrichtung dreht sich auf der betrachteten Talstrecke um fast 90°.

## b) Einfluß des geologischen Aufbaus der Talfüllung

Betrachtet man den Verlauf bestimmter Grundwasserisohypsen besonders bei Niedrigwasser im Detail, so stellt man einen mehrfachen Wechsel von Gefälle und Fließrichtung des Grundwassers fest. Abb. 19 zeigt einen Ausschnitt des Grundwasserisohypsenplanes des NW vom 2.-6.3.1964 nördlich von Gummering. Da mehrere benachbarte Grundwasserisohypsen gleichartige Richtungswechsel zeigen und damit parallel geschwungen aufeinanderfolgen, wird eine talparallele Zonierung deutlich (I-IV, Abb. 19).

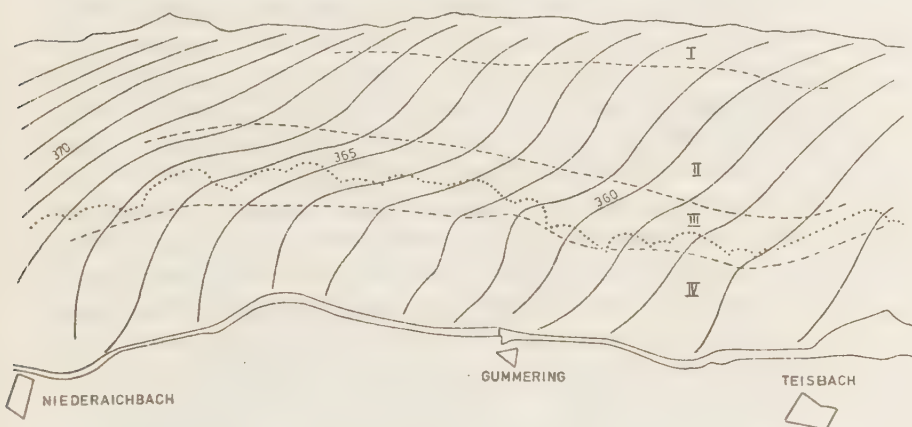


Abb. 19: Grundwasserisohypsen des NW 1964: geologieabhängige Zonierung des Isohypsenbildes

Fließrichtung und Gefälle des Grundwassers werden vor allem beeinflusst durch den Durchlässigkeitsbeiwert des Grundwasserleiters sowie durch Neigung und Relief der Grundwassersohlfläche. (Beide Faktoren können sich sprunghaft an geologischen Grenzen ändern). Im Einflußbereich eines Vorfluters kann dagegen das Höhenniveau dessen Wasserspiegels bestimmend sein.

Aufgrund der geologischen und hydrologischen Gegebenheiten ist es möglich, den Zonen ähnlicher Gefällewerte und Fließrichtungen die jeweils entscheidenden Einflußgrößen zuzuordnen:

- I In Hangnähe ist die Fließrichtung noch vom Übertritt des Tertiärgrundwassers in die Talschotter geprägt. Durch das unterschiedliche Höhenniveau beider Grundwasserkörper stellt sich Gefälleversteilung und nahezu rechtwinklig zum Tal gerichtete Fließrichtung des Grundwassers ein.
- II Die anschließende Umlenkung des Grundwassers in mehr talparallele Richtung bei gleichzeitiger Gefälleverringering erfolgt im Gebiet der Altstadtshotter. Verantwortlich hierfür ist die insgesamt talabwärts geneigte tertiäre Grundwassersohlfläche.
- III Beim Übertritt des Grundwassers aus den Altstadtshottern in die jüngeren Schotter kommt es auf einer schmalen Talzone zu einer Gefälleerhöhung und Drehung der Grundwasserfließrichtung zum Fluß hin. Die Ursache hierfür ist in einem stufenartigen Abfall der tertiären Grundwassersohlfläche zu suchen (vgl. S.19).
- IV Die jüngeren Schotter liegen bereits im Einflußbereich von Höhenänderungen des Isarwasserspiegels (s.S. 75 u. S. 90). Deshalb ist die dort auftretende Gefälleverringering, verbunden mit dem Umbiegen der Grundwasserfließrichtung in mehr talparallele Richtung, vor allem durch den künstlich angehobenen Vorflutwasserspiegel bedingt.

Dem Einfluß der unterschiedlichen Durchlässigkeiten zwischen Altstadtshottern und jüngeren Schottern auf Gefälle und Fließrichtung des Grundwassers kommt hier gegenüber den bestimmenden Einflußgrößen von Grundwassersohlfläche und Isarwasserspiegel wohl nur untergeordnete Bedeutung zu.

c) Überlagerung der unter a) und b) genannten Faktoren

Nach b) lassen sich Gefälle und Fließrichtung des Grundwassers der unter I-IV aufgeführten Zonen charakterisieren mit "steil und mehr senkrecht zum Fluß" beim Durchfließen geologischer Grenzen sowie mit "flach und mehr talparallel" beim Weiterströmen in bestimmten Schotterkörpern.

Nach a) ändern sich im Talverlauf das Gefälle des Grundwassers und der Vektor der generellen Grundwasserfließrich-

tung von - ebenfalls vereinfacht ausgedrückt - "steil und senkrecht zum Fluß" bei Altheim zu "flach und talparallel" bei Landau.

Wie Abb. 18 zeigt, ändern sich die Gefälle- und Richtungsverhältnisse dieser ausgeglichenen Generalrichtung von Landshut ab in asymptotisch abnehmender Weise. So ist es verständlich, daß etwa nach einem Viertel der Talstrecke, also zwischen Wörth und Gummering, wo die vier feststehenden Richtungsvektoren der Teilbereiche von der Generalrichtung in einem für alle gleichen, größtmöglichen Winkel von  $45^\circ$  diagonal geschnitten werden, der mehrmalige Wechsel der Strömungsrichtung besonders augenfällig ist.

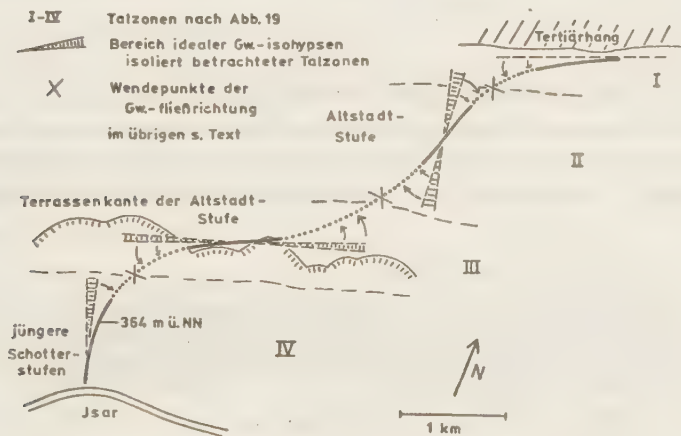


Abb. 20: Analyse des Verlaufes der Grundwasserisohypse 364 m ü. NN (NW 1964)

In Abb. 20 ist der Verlauf der Grundwasserisohypse 364 m ü. NN als Beispiel graphisch analysiert. Die in der Natur vorliegende Grundwasserisohypse stellt die Verbindung der den getrennten Einzelbereichen zugeordneten Idealrichtungen dar. Dadurch werden die mit "nahezu senkrecht zum Fluß" und "nahezu talparallel" zu charakterisierenden Idealrichtungen um einen gewissen Winkel auf eine mehr ausgeglichene Fließrich-

tung hin gedreht. Die "talparallele" Idealrichtung wird außerdem durch den allgemeinen Grundwasserzustrom aus dem Tertiär und den Grundwasserabzug durch die Isar abgeschwächt. Im Mittelstück der jeweiligen Zone kommt die Idealrichtung noch am stärksten zum Ausdruck. Auf den Zonengrenzen liegen die Wendepunkte der Grundwasserfließrichtung.

Oberhalb und unterhalb des in Abb. 19 betrachteten Talstücks tritt die mehrmalige Richtungs- und Gefälleänderung jedoch zunehmend zurück, da sich die generelle Fließrichtung des Grundwassers zur Isar von  $45^\circ$  an nahezu  $0^\circ$  bzw. nahezu  $90^\circ$  annähert. Bei Altheim verhindert ein zu steiles allgemeines Grundwassergefälle, bei Landau dagegen die allgemeine morphologische Niveaungleichung die Ausbildung spezieller Grundwasserfließrichtungen.

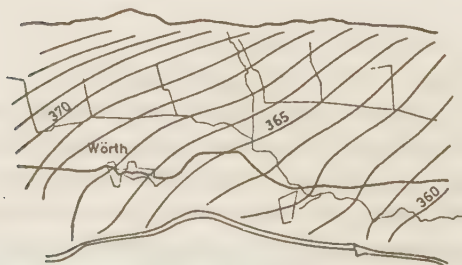
#### d) Vergleich verschiedener Grundwasserstände

Beim Vergleich des im Vorhergehenden zugrunde gelegten Isohypsenplanes vom NW 1964 mit dem eines NW von 1948 erkennt man dieselbe Art des Isohypsenverlaufes (s. Taf. 3).



Abb. 21:  
Ausgleich der bei NW  
geologiebeeinflussten  
Grundwasserisohypsen  
während eines HW

NW 1964



HW 1965

Beim Vergleich mit höheren Grundwasserständen treten jedoch zunehmend Unterschiede auf (s. Abb. 21). Im Zuge eines allgemeinen Grundwasseranstiegs und damit einer Verlagerung der Höhengleichen talabwärts kommt es zu relativen Unterschieden, indem die bei NW auftretenden "Grundwassersenkungen" stärker erhöht werden als die "Grundwasserrücken". So wird also das bei NW differenzierte Relief der Grundwasseroberfläche, das den geologisch-morphologischen Aufbau des Isartales durchscheinen läßt, bei Grundwasseranstieg über MW zu HW zunehmend ausgeglichen, wobei mehr und mehr der Verlauf der gemittelten, generellen Strömungsrichtung hervortritt.

### 2.2.2. Flurabstände

Da der Talboden über weite Strecken ein starkes Kleinrelief besitzt, ist im Rahmen dieser Arbeit eine detaillierte Darstellung der Flurabstände nicht möglich. Übersichtlicher werden die Verhältnisse durch ausgeglichene Flurabstandskarten gekennzeichnet, die jeweils aus den ausgeglichenen topographischen Höhenlinien und Grundwasserisohypsen konstruiert wurden (s. Abb. 22a).

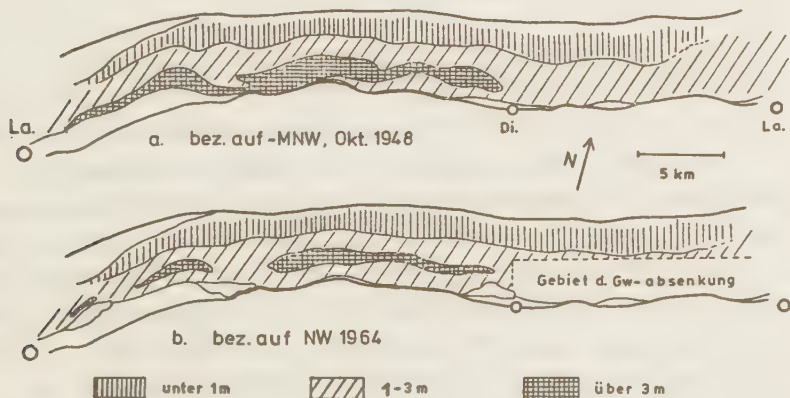


Abb. 22: Gemittelte Flurabstände vor und nach dem Bau der Stauanlagen; (Skizze nach Originalkarten i.M. 1:25000, hinterlegt bei der Bayer. Landesstelle f. Gewässerkunde)

Die Flurabstände schwanken zwischen 0 und 3 m in zonaler Anordnung parallel zur Isar und spiegeln die geologisch-morphologische Längsgliederung des Isartales wider. Dabei kommen zwei Faktoren zum Ausdruck, die sich im Talverlauf ändern: Die schon erwähnte, talabwärts verflachende Terrassenmorphologie und die nach dem Bau des Albinger Wehres eingetretene Flußbetteintiefung, die bis in die Gegend von Dingolfing fortgeschritten war. Gleich unterhalb des Wehres treten Flurabstände von gut 3 m auf, die jedoch infolge des hier steilen, zum Fluß hin gerichteten Grundwassergefälles die Isar nur in einer schmalen Zone begleiten. Diese verbreitert sich jedoch mit der Gefälleverflachung des Grundwassers, setzt sich bei Gummering wegen der zurücktretenden Eintiefung der Isar vom Fluß ab und läuft dann, morphologisch bedingt, bei Dingolfing aus. Eine Zone weniger als 1 m unter Flur anstehenden Grundwassers liegt im Bereich der Moorflächen der nördlichen Talhälfte. Etwa bei Großköllnbach tritt eine allmähliche Erhöhung wenig über 1 m und damit eine allgemeine Annäherung der Flurabstände ein. Im Gebiet zwischen beiden beschriebenen Zonen steht das Grundwasser im Übergang zwischen 1 und 3 m unter Flur an. Nördlich der Moore steigen die Werte rasch zum Hang hin an.

### 2.2.3. Beziehung des Grundwassers zur Isar

Grundsätzlich bestehen auf der gesamten Talstrecke effluente Verhältnisse, die jedoch bei geeigneten Isarwasserständen talabwärts in zunehmendem Maße umgekehrt werden können.

Am augenfälligsten war dies früher bei Überflutungshochwässern der Fall, die das Grundwasser stark zurückdrängten und von oben auffüllten. Für Häufigkeit und Ausmaß der Hochwässer gelten die auf S. 29 gemachten Angaben.

Aus den vor 1950 vor allem im unteren Talbereich lückenhaft vorliegenden Grundwasserbeobachtungen lassen sich keine

brauchbaren Ganglinien herstellen, jedoch läßt die Grundwasserischypsenkarte von 1948 Aussagen über die Beziehung zwischen Isar und Grundwasser zu (s.auch Abb. 36a). Danach tritt etwa vom Gottfriedinger Isarknie an auch schon bei mittleren Isarwasserständen auf einer Breite von 1 km Parallelströmung und in Flußnähe auch Eindringen von Flußwasser in die Talschotter auf. Nach oben hin erfolgt dies nur noch bei höheren Isarwasserständen. Der Beginn merklicher Beeinflussung des Grundwassers durch Uferfiltration und ausufernde Hochwässer läßt sich auch gut aus Abb. 18 ablesen, und zwar ist es die Talstrecke unterhalb von Wörth, auf der sich das Grundwassergefälle und das der Talaue schon stark an das Gefälle des Vorfluters angeglichen haben. Weiter oberhalb läßt das steilere Grundwasser- und Geländegefälle in Verbindung mit der künstlichen Eintiefung des Vorfluters unterhalb des Albinger Wehres Einflüsse der Isar auf das Grundwasser sehr stark zurücktreten.

### 2.3. Rekonstruktion früherer Grundwasserstände

Die oben geschilderte hydrogeologische Situation stellt schon einen vor allem durch die Flußkorrektion künstlich beeinflussten Zustand dar. Im folgenden soll der Versuch unternommen werden, die natürlichen Grundwasserverhältnisse vor der Isarregulierung zu rekonstruieren und ihre frühere Entwicklung wenigstens im Schema darzustellen.

Mit guter Genauigkeit zu ermitteln sind die früheren Grundwasserstände in der Nähe des Vorfluters, im Moorgebiet und am daran anschließenden Tertiärrand. Zwischen diesen Festpunkten bleibt nur ein schmaler Zwischenbereich, über den hinweg die Grundwasserischypsen ohne großen Fehler verbunden werden können.

Die Grundwasserischypsen beginnen am Rand der Auwald-Stufe, die in ihrer gesamten Breite als Vorfluter anzusehen ist. Zwischen den wassergefüllten Rinnen dehnten sich flache Kiesbänke. Die Mittelwerte der wenig streuenden topographischen Höhenangaben stellen das damalige Vorflutniveau etwa bei MNW dar.

Erst mit dem Beginn des 20. Jahrhunderts wurde das Grundwasser des Moores planmäßig um etwa 0,5-1 m abgesenkt. Vorher, also auch zur Zeit der noch nicht korrigierten Isar, stand das Grundwasser unmittelbar unter der Mooroberfläche. Nach dem leicht zu interpolierenden Verlauf der Grundwasserisohypsen im Gebiet der jüngeren Schotter nähern sie sich daher im Bereich der Altstadtkante und der südlichen Moorbegrenzung wieder den topographischen Höhenlinien an, die sie über das Moor hinweg als eng anliegende Parallelen begleiten.

Am Nordrand des Moores lösen sich beide Isohypsen voneinander. Der Übertritt des Grundwassers vom Tertiär in die Talschotter bleibt infolge des raschen Gefälleanstiegs zum Hang hin von Veränderungen im Tal unberührt, weshalb als guter Anhaltspunkt die Grundwasserisohypsen z.B. des MNW von 1948 dienen, an die sich die konstruierten Isohypsen anschließen lassen.

Die auf diese Weise konstruierte Grundwasserisohypsenkarte (Taf. 3) dürfte etwa ein damaliges MNW gut wiedergeben. Ähnliche Grundwasserstände werden heute nur noch im nördlichen Mooregebiet gelegentlich nach lange anhaltenden stärkeren Regenfällen erreicht. Die Karte zeigt ein starkes Einschwenken des bei Altheim noch fast senkrecht auf die Isar zuströmenden Grundwassers in talparallele Fließrichtung, die auf der südlichen Talhälfte schon bei Dingolfing erreicht ist.

Unter Berücksichtigung des jeweiligen Vorflutwasserspiegels (Kap. 1.1.2.c) und der nach 1900 einsetzenden Absenkung des Moorgrundwassers um 70-80 cm läßt sich in gleicher Weise auch die Entwicklung der Grundwasserstände nach der Isarregulierung bis zum Beginn der Grundwasserstandsmessungen um das Jahr 1950 verfolgen. Während für das Mooregebiet nach dem Ausbau des Grabennetzes durchweg die auch heute bestehenden gleichen Spiegelunterschiede des Grundwassers anzunehmen sind, ergeben sich zum Vorfluter hin stärkere Unterschiede, die aus den Schwankungen zwischen den jeweiligen NW-Ständen der Isar und deren Überflutungsgebiet bei Hochwässern abzuleiten sind.

Die frühere postglaziale Entwicklung der Grundwasserstände läßt sich leicht in Anlehnung an das geologische Geschehen der etappenweisen Einengung der Geschiebezone verfolgen, wobei ebenfalls der jeweilige Rand der Geschiebezone und die bis an die Oberfläche grundwassergefüllten Moore die Festpunkte darstellen.

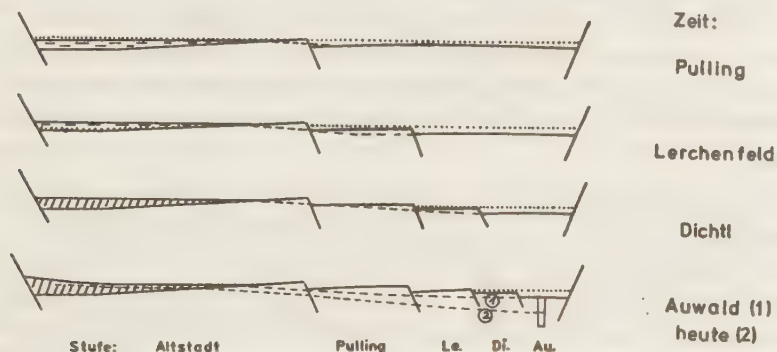


Abb. 23: Hydrogeologische Entwicklungsstadien des Isartales (Schema; ... = HW-Stand; --- = mittlere Gw-Oberfläche)

Da eine ältere Geschiebezone von der nächst jüngeren noch durch deren Hochwässer überflutet und so mit Feinsediment bedeckt wurde, ist anzunehmen, daß eine Moor- bzw. Bodenbildung erst mit dem Rückzug des Wassers auf die übernächste Stufe einsetzte. Danach ist folgendes Schema möglich (Abb.23):

- I Pulling-Zeit: Bildung des tonigen Hochflutsediments auf der Altstadt-Stufe; an der Stelle der heutigen Moore befinden sich offene Wasserflächen
- II Lerchenfeld-Zeit: Beginnende Verlandung der Wasserflächen auf der Altstadtfläche; Hochflut-sedimentbildung auf der Pullingfläche
- III Dichtl-Zeit: Fortschreitende Moorbildung auf der Altstadt-Stufe; Bildung von Anmoor auf der Pulling-Stufe; Ablagerung von Hochflut-sediment auf der Lerchenfeld-Stufe

#### IV Auwald-Stufe: Natürliches Trockenfallen des Pulling-anmoores und der südlichsten Moorteile auf der Altstadt-Stufe; Dichtl-Stufe als Überschwemmungsgebiet.

Die noch in jüngster geologischer Vergangenheit kaum mehr als 1 m unter Flur anstehende Grundwasseroberfläche wurde erst durch die Korrektionsmaßnahmen entscheidend abgesenkt. Ihre ehemaligen Schwankungszonen sind in Kiesaufschlüssen stellenweise deutlich an Kieslagen zu erkennen, deren Komponenten mit Fe- und Mn-Oxid überzogen oder leicht verbacken sind.

Durch das natürliche Trockenfallen der südlichen Moordecke wurde die Zone ihres Weiterwachsens auf den nördlichen Bereich eingeeengt. Dort schuf das Moor einen leichten Geländeanstieg im Bestreben, den sich in Hangnähe ergebenden Geländeknick zwischen Tertiärhang und Talaue auszugleichen. Erst durch die künstliche Absenkung des Moorwassers um 0,5-1 m und die anschließende Kultivierung wurde die Moorbildung abgebrochen.

### 3. Die Hydrogeologie des Isartales nach dem Bau der Stauanlagen

Durch den Bau der Stauanlagen wurde das Vorflutniveau auf verschiedene Weise verändert. Im folgenden wird dargestellt, in welchem Maße solche Vorflutveränderungen auf den Grundwasserkörper der Talaue einwirken, bzw. in welchem Maße der oben beschriebene Grundwasserleiter Veränderungen des Grundwasserkörpers zuläßt. Dazu wird das Arbeitsgebiet zweckmäßigerweise untergliedert in die Talstrecke im Bereich der Stauanlagen (Landshut - Dingolfing) und die Talstrecke im Unterwasser der letzten Staustufe (Dingolfing - Landau).

#### 3.1. Die Stauanlagen

Die Untere Isar sollte ursprünglich von Landshut bis zur Mündung durch insgesamt neun Staustufen ausgebaut werden, von denen jedoch nur die ersten vier zur Ausführung gelangten,

nämlich Altheim und Niederaichbach 1951 sowie Gummering und Dingolfing 1957. Die Stufen bilden eine Kraftwerkskette und überwinden bei einer durchschnittlichen Fallhöhe von 7,5 m zusammen einen Höhenunterschied von knapp 30 m. Die Fallhöhe der einzelnen Stufen wird etwa zu drei Viertel durch Aufstau im Oberwasser und zu einem Viertel durch Tieferlegung des Unterwassers gewonnen. Die Stauräume oberhalb der Anlagen werden von Dämmen eingefaßt.

Die Kraftanlagen arbeiten im Schwellbetrieb. Der Endspeicher der Stufe Dingolfing besitzt mit 2,5 Mio m<sup>3</sup> einen ebensogroßen nutzbaren Speicherraum wie die beiden Kopfspeicher Altheim und Niederaichbach zusammen. Dadurch wird die Wasserführung der Isar außerhalb der Kraftwerkstreppe nicht verändert. Die Stufe Gummering besitzt keinen Speicherraum. Alle wasserbaulichen Anlagen sind so berechnet, daß das bisherige HHQ der Isar von 1600 m<sup>3</sup>/s schadlos abgeführt werden kann.

Tab. 6:

| Stufe        | Stauziel<br>(m ü.NN) | Unterwasser <sup>+</sup><br>(m ü.NN) | Fallhöhe<br>m | Ausbaustr.<br>km | Einstau-<br>Beginn |
|--------------|----------------------|--------------------------------------|---------------|------------------|--------------------|
| Altheim      | 384,00               | 376,08                               | 7,92          | 5,4              | IV.51              |
| Niederaichb. | 375,50               | 368,07                               | 7,43          | 6,6              | VI.51              |
| Gummering    | 367,35               | 360,52                               | 6,83          | 7,7              | XII.56             |
| Dingolfing   | 360,10               | 352,54                               | 7,56          | 6,5              | V.57               |

+ bei 270 m<sup>3</sup>/s = Ausbauwassermenge

Der Betonkörper der Krafthäuser und Wehre gründet in den tertiären Kies- bzw. Feinsandschichten. Diese klastischen Sedimente lassen eine leichte Unterströmung zu, weshalb die Wehre auf Spundwandkästen gesetzt wurden, die z.T. in die dichten Mergel einbinden. Vor allem durch die oberstromige Spundwand wird eine Unterströmung verhindert.

Das Kiesmaterial der die Isar beidseitig begleitenden Staudämme entstammt vor allem dem Aushub der Baugruben und Flußbaggerungen. Die Wasserseite der Dämme ist mit bitumenverfugten Betonplatten völlig abgedichtet. Am Dammfuß schließen meist Spundwände an, die bis in die Tertiäroberfläche einge-

rammt sind. Gegen die Stauwurzel hin finden sich auch reine Kiesdämme. An der Luftseite der Staudämme sind in 30-40 m Entfernung von der Dammachse künstliche Gräben angelegt, die die Vorflutfunktion der meist über Geländehöhe aufgestauten Isar übernehmen.

### 3.2. Die Talstrecke zwischen Landshut und Dingolfing

#### 3.2.1. Die Seitengräben als Vorfluter

Die Seitengräben begleiten die Stauhaltungen beidseitig auf ganzer Länge und fehlen nur dort, wo die Isar den rechten Talhang berührt. Sie werden jeweils dem Unterwasser der Stauanlagen zugeführt, wo dann der Beginn des nächsten Grabens anschließt. Die durch Abstürze unterbrochene Grabensohle, deren Breite von 1 m auf - je nach Grabenlänge - mehrere Meter anwächst, ist im Durchschnitt gut 2 m in das Gelände eingesenkt, wobei die mittlere Wassertiefe bis auf etwa 0,8 m ansteigt. Der grobe Steinwurf der Grabenböschung und die sandfreie Kiesschüttung der Grabensohle gewähren beste Durchlässigkeit.

Im Bereich der Stauwurzel können die Gräben trockenliegen, so unterhalb des Kraftwerks Altheim bis Fluß-km 65,5 und unterhalb des Kraftwerks Niederaichbach bis Fluß-km 58. Auf diesen Strecken werden die Gräben vom Grundwasser unterströmt, das hier noch in das tiefer liegende Unterwasser der Kraftanlagen eintreten kann. Erst mit dem Höhenschnittpunkt zwischen Isarwasserspiegel und Grabensohle übernehmen die Seitengräben die Vorflut. Neben der Vorflutfunktion haben die Seitengräben die Aufgabe, das aus den Stauräumen austretende Sickerwasser abzuführen.

Nach Einstau der Anlagen wurde der Abfluß der Seitengräben nahe der Mündung mehrmals im Jahr gemessen (Abb. 24). Der Anteil des Sickerwassers am Gesamtabfluß überwiegt zunächst um ein Vielfaches, nimmt aber sogleich stark ab, bis sich nach einigen Jahren eine im Mittel konstante Wasserführung der Gräben einstellt, die wohl ganz den Grundwasserabfluß darstellt. Das Sickerwasser tritt solange durch die Spund-

wandflächen , vor allem aber durch spundwandfreie Dammteile aus den Stauräumen aus, bis durch Einschlämmung von Feinstmaterial und Rostansatz eine Abdichtung erfolgt. Hochwässer, die in ungestauten Flußstrecken die natürliche Dichtungshaut aufreißen können, fördern innerhalb der Stauräume durch ihre erhöhte Schwebstoffracht die Abdichtung.

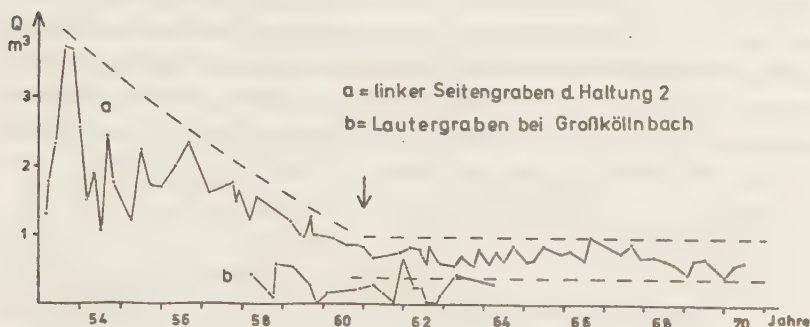


Abb. 24: a) Abflußganglinie der Seitengräben nach Einstau (Pfeil = Zeitpunkt optimaler Stauraumabdichtung); b) Abflußganglinie eines Moorentwässerungsgrabens

Der Übergang der fallenden Abflußkurve zur oberen Begrenzungslinie des konstanten Grundwasserabflusses erfolgt mit einem Knick. Dies bedeutet, daß der Sickerwasseranteil sich fast linear dem Nullwert nähert und deshalb die Staudämme bis auf unmeßbare kleine Austrittsmengen als abgedichtet gelten können. So ist z.B. der Chemismus des Grabenwassers heute mit dem des Talgrundwassers nahezu identisch und zeigt kaum Beeinflussung durch Flußwasser (s.S.102). Die Abdichtung war bei den Dämmen von Altheim und Niederaichbach nach 9-10 Jahren, bei denen von Gummering und Dingolfing schon nach 5 Jahren erreicht.

In den Seitengräben wurden Temperaturmessungen vorgenommen, die Aussagen über den Grundwasserzustrom gestatten. Den Temperaturmessungen liegt folgende Überlegung zugrunde: Bei starker Sonneneinstrahlung und genügend hoher Lufttemperatur wird das in den Gräben abfließende Wasser langsam erwärmt.

Die Wassertemperaturen steigen generell grabenabwärts. Durch plötzlichen, verstärkten Grundwasserzutritt kann es zu einem Temperaturabfall kommen.

Die Messungen wurden Ende Juli 1970 unter möglichst gleichen Bedingungen vorgenommen: Wolkenloser Himmel, Lufttemperatur  $25^{\circ}$ - $30^{\circ}$  C; gemessen wurde vom Grabenbeginn zur Mündung hin in Abständen von etwa 200 m in Grabenmitte auf der Sohle, und zwar stimmte die Geschwindigkeit der fortlaufenden Messungen in etwa mit der Fließgeschwindigkeit überein; Uhrzeit: ca.  $11^{00}$ - $15^{00}$ , d.h. die Messungen begannen mit dem Einsetzen der heißen Tageszeit, wobei sich die Lufttemperatur bis in den frühen Nachmittag noch steigerte.

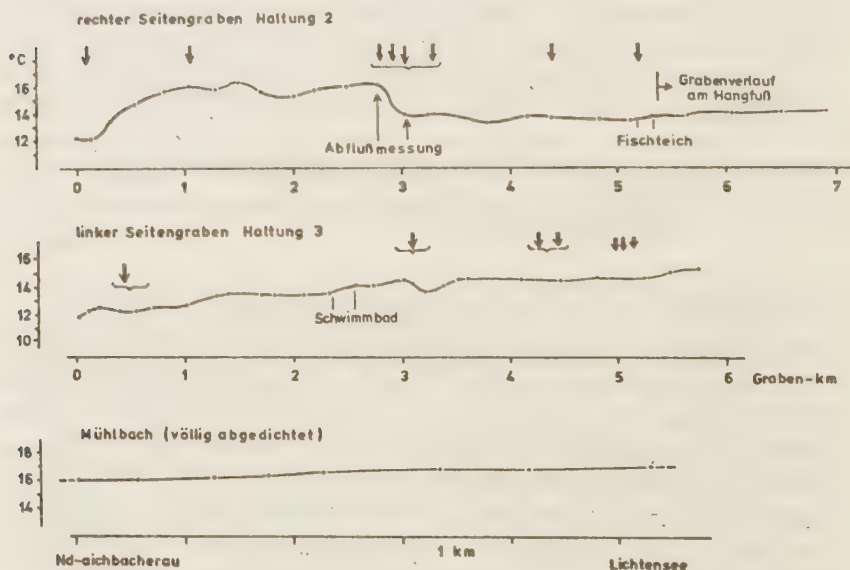


Abb. 25: Temperaturmessungen an Seitengräben und am Mühlbach

Die Temperaturkurven der Abb. 25 zeigen einen veränderlichen Grundwasserzustrom an, der durch den inhomogenen Aufbau der flußnahen Talschotter bedingt ist. Die Grabenstrecken fallender oder auch gleichbleibender Temperatur stimmen meist mit den Stellen der "Einmündung" größerer alter Flußläufe

überein, deren Basis mit größerem Material gefüllt ist und die sich somit als Leitwege verstärkter Grundwasserströmung erweisen. Diese sind in Abb. 25 schematisch durch Pfeile dargestellt. Neben diesen oberflächlich sichtbaren Altarmen üben sicher auch Strukturen des tieferen Kieskörpers einen Einfluß aus. Das Ausmaß der Temperaturschwankungen nimmt aufgrund der zunehmenden Wasserführung zur Mündung hin ab.

Zum Vergleich mit den Grundwassergräben dient die Temperaturkurve des Mühlbaches zwischen Niederaichbach und Lichtenensee, deren leichter, gleichmäßiger Anstieg auf eine völlige Abdichtung des Bachbettes hinweist.

Um eine Vorstellung über die Größenordnung der in Altarmen verstärkten Grundwasserströmung zu erhalten, wurden an den in Abb. 25 bezeichneten Stellen des rechten Seitengrabens Niederaichbach Abflußmessungen mit dem Tauchstab nach JENS vorgenommen. Innerhalb dieses Abschnittes münden einige schlecht zu trennende Rinnen. Der Grabenabfluß an der 2,7 km vom Grabenbeginn entfernten Meßstelle 1 betrug 41 l/s. Er erhöhte sich auf einer 0,5 km langen Grabenstrecke um 127 l/s auf 168 l/s. (Die Abflußwerte stellen das Mittel aus jeweils zwei Messungen dar; zur Zeit der Messungen, Dez. 1971, herrschten NW-Stände des Grundwassers.)- Infolge schwer einzubeziehender Randbedingungen können keine genauen Zahlenangaben über Durchlässigkeiten gemacht werden, jedoch kann als sicher gelten, daß die alten Flußarme ein Vielfaches - im untersuchten Fall mindestens das 10-fache - an Grundwasser ableiten als ihre feinerkörnige Umgebung.

### 3.2.2. Grundwasseranhebung und ihre Reichweite (s.Taf. 4)

Vor dem Einstau der Speicherräume trat das Grundwasser durch die noch undichten Dämme in die ungestaute Isar ein; die bereits ausgehobenen Seitengräben wurden noch unterströmt. Nach der Anhebung des Isarwasserspiegels z.T. über Geländehöhe erfolgte eine Sickerbewegung in umgekehrter Richtung. Damit ergab sich ein Rückstau des Talgrundwassers, das mit dem Anstieg seiner Oberfläche in den Seitengräben einen neuen Vorfluter fand.

Die Stauanlagen bewirken also generell eine Anhebung des Grundwassers. Seine mittlere Oberfläche in Grabennähe wird jedoch allein durch das vorgeplante Wasserspiegelniveau der Seitengräben bestimmt. Das neue Vorflutniveau ist im Durchschnitt mit der Höhenlage eines NW der noch wenig eingetieften Isar unmittelbar nach ihrer Begradigung zu vergleichen (Taf. 2). Neben der Anhebung bewirken die Gräben eine Stabilisierung der Grundwasseroberfläche. Die starken Spiegelschwankungen eines natürlichen Vorfluters fehlen. Der Grabenabfluß bzw. seine Spiegelhöhe verhält sich vielmehr passiv und wird von den Spiegelschwankungen des Grundwasserkörpers bestimmt, wobei die Amplitudenschwankungen des Grundwassers stark gedämpft werden. Auffallende Hochwasserstände treten infolge des sofort verstärkt einsetzenden Abflusses zurück. Die absolute Untergrenze des Grundwasserstandes stellt die Grabensohle dar. Als allgemein im Zuge des Einstaus auftretendes Ganglinienbild zeigt Abb. 26a am Beispiel eines ufernahen Pegels den Übergang der flußab-

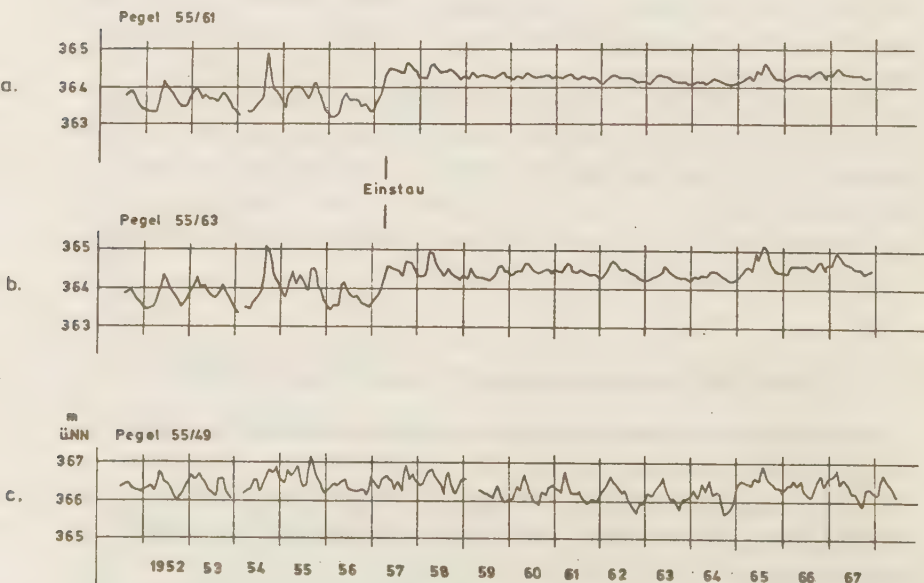


Abb. 26: Grundwasserganglinien vor und nach dem Einstau  
(Pegelreihe senkrecht zum Vorfluter)

hängigen ausgeprägten Amplitudenschwankungen in ein angehobenes, weitgehend stabilisiertes Niveau mit stark reduzierten Schwankungen der Grundwasseroberfläche, deren Jahresamplituden nur 30-50 cm betragen.

In Grabennähe wurde das Grundwasser, bezogen auf die mittleren NW-Stände, um maximal 1,0-1,5 m angehoben. Mit der Abnahme der Hebungsbeträge bei zunehmender Entfernung vom Vorfluter ändert sich auch das charakteristische Ganglinienbild, indem die Amplituden einen ausgeprägten Jahresgang aufweisen (Abb. 26b) und schließlich das Ereignis des Einstaus nicht mehr erkennen lassen (Abb. 26c). Die Schwankungen der Grundwasserstände in diesem Bereich sind niederschlagsabhängig (s.dazu Kap. III.3.3.3.b).

Art und Reichweite der durch den Bau der Stauanlagen aufgetretenen Grundwasserveränderungen sind auf Taf. 4 dargestellt. Der Einflußbereich geht über den Rand der Altstadt-Stufe nicht hinaus. Wenn nicht schon vorher ein Ausklingen der Grundwasserveränderung eintritt, endet diese sprunghaft am Altstadtrand. Die Identität beider Grenzen beruht auf der geologisch-morphologisch bedingten Gefälleverteilung des Grundwassers beim Übertritt von der Altstadt-Stufe in die jüngeren Schotter. Sehr deutlich tritt die Rolle der Altstadt-Stufe im Talstück zwischen Niederaichbach und Landshut hervor: Auf dem linken Ufer rückt die Altstadt-Stufe bis auf 1/2 km an die Isar heran, während sie rechts der Isar fehlt. Deshalb reicht der Einflußbereich des Vorfluters hier bis zum Tertiärhang, d.h. 2-3 mal so weit wie auf der linken Flußseite. Freilich stellt der Altstadtrand keine zwingende Grenze jeder Grundwasseranhebung dar, jedoch reicht der natürliche Gefälleknick im vorliegenden Falle stets aus, die nicht übermäßige Anhebung des Grundwassers an ihm enden zu lassen. Besonders wirksam ist dieser Effekt in der westlichen, geomorphologisch markanten Talstrecke, in der sich auch die Stauanlagen befinden.- Weiter talabwärts dürfte bei gleichen Anhebungsbeträgen der Einflußbereich der Stauanlagen auch über die jüngeren Schotter hinaus bis in die Altstadt-Stufe übergreifen.

Die durch die Stauanlagen eingetretenen Grundwasserveränderungen stellen zwar generell eine Anhebung des Grundwassers dar, jedoch treten Abweichungen oder Modifikationen auf, die z.T. ebenfalls auf Taf. 4 dargestellt sind.

Der in den ersten Jahren nach der Grundwasseranhebung eintretende leichte Abfall des stabilisierten Niveaus ist in unmittelbarer Grabennähe auf den Einfluß des Sickerwasseranteils zurückzuführen, der den Grabenwasserspiegel zunächst um wenige Dezimeter erhöht. (Jedoch stellt sich generell nach dem stärkeren Grundwasseranstieg im Jahre 1954 in den folgenden Jahren ein leichter Abwärtstrend der Grundwasserstände ein; vgl. Abb. 26a.)

Im Unterwasser der Stufen Niederaichbach und Gummering tritt der unbeeinflusste Bereich näher an den Fluß heran, da der Spiegelanstieg der aufgestauten Isar im Bereich der Stauwurzel ausklingt. So endet im Unterwasser von Gummering etwa bei Fluß-kil 50 die Anhebung des Grundwassers, wobei seine Veränderung nur noch in einer Amplitudendämpfung bei gleichbleibenden Niedrigwasserlinien besteht. Kurz vor der Stauwurzel tritt die unmittelbare Vorflutwirkung der Isar wieder stärker hervor, so daß das Ganglinienbild wieder ausgeprägter erscheint und die noch staubeeinflussten, ruhigeren Schwankungen des Isarwasserspiegels deutlich erkennen läßt.

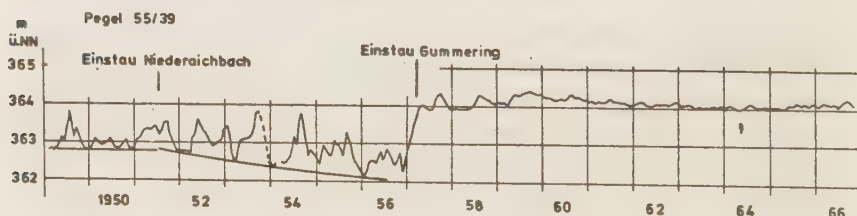


Abb. 27: Absenkung und Anhebung des Grundwassers unmittelbar unterhalb Niederaichbach

Im Unterwasser der Stufe Niederaichbach setzte nach 1951 zusätzlich zur Tieferlegung des Flußbettes durch Baggerung eine Flußbetteintiefung durch Erosion ein, die jedoch durch

Nagelfluhbänke bei Fluß-km 59,1 und 58,2 (RICHTER, 1968) unregelmäßig verlief und entsprechend unregelmäßige Grundwasserabsenkungen nach sich zog (vgl. auch S.44). Die schmale Absenkungszone mit Maximalbeträgen von 70-80 cm endete etwa zwischen Fluß-km 54 und 55. Die Absenkungstendenz wurde durch den Aufstau der Stufe Gummering im Jahre 1957 gestoppt und das Grundwasser teilweise über den Stand vor 1951 angehoben (Abb. 27). Für eine Strecke von etwa 1,5 km unmittelbar unterhalb des Kraftwerks Niederaichbach reicht die Anhebung nur zur Wiederangleichung der Grundwasserstände auf das Niveau vor dem Bau der Stauanlagen aus.

Im Gegensatz zu dieser vorübergehenden Absenkung wird die bei Dingolfing erfolgte Anhebung im Zuge der unterhalb einsetzenden Flußbetteintiefung bis heute rückschreitend wieder abgebaut (s.folg.Kap.).

In dem Übergangs- oder bei Dingolfing Überlagerungsbereich zwischen der deutlichen Grundwasseranhebung im Oberwasser und den anders gearteten Veränderungen im Unterwasser verhält sich das Grundwasser indifferent. Diese schmalen Zonen gehen von den Kraftwerken aus und verlieren sich sichelartig talaufwärts gebogen.

Die planmäßige Anhebung des Grundwassers, die den Bereich zwischen Isar und Altstadt-Stufe beherrscht, führte zur Änderung der Grundwasserfließrichtung in Vorflutnähe um durchschnittlich  $20-30^{\circ}$  zur flußparallelen Richtung hin, verbunden mit entsprechend leichter Gefälleabnahme. Gegen den Rand der Altstadt-Stufe gleichen sich alte und neue Fließrichtung wieder vollkommen an.

Die Veränderungen des Grundwasserkörpers stellten sich ohne zeitliche Verzögerung parallel zum Einstau der Speicherräume ein. Mit zunehmender Abdichtung der Stauräume erfolgte dann der oben erwähnte leichte Rückgang der Grundwasserstände.

Durch die generelle Grundwasseranhebung hat sich das Bild der Flurabstände von 1948 durch Verschmälerung der an die Isar anschliessenden Zone der Abstandswerte von mehr als 3 m und damit ihrem Abrücken vom Fluß verändert (s.Abb. 22b, S. 64).

### 3.3. Die Talstrecke unterhalb der Staustufe Dingolfing

#### 3.3.1. Flußbetteintiefung

Die Veränderungen der Flußsohle unterhalb der Straßenbrücke von Dingolfing wurden bereits erläutert (S.44 f.). An dieser Stelle sollen anhand von Grundwasserveränderungen weitere Aussagen über den Verlauf der Sohleneintiefung gemacht werden. Hierzu dient die Analyse von Ganglinien unmittelbar dem Fluß benachbarter Grundwasserpegel, deren Schwankungen ohne Fehler den Schwankungen des Isarwasserspiegels gleichzusetzen sind.

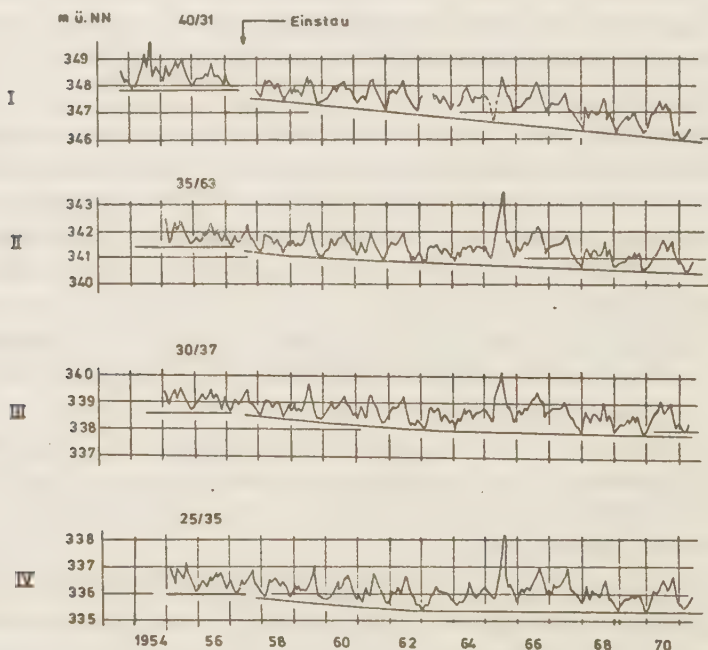


Abb. 28: Ganglinientypen unterschiedlicher Absenkungstendenz

Um die Tendenz der Grundwasserspiegelschwankungen deutlich zu machen und zahlenmäßig zu erfassen, wurden bestimmte Jahres-NW-Werte der Ganglinien zu einer Ausgleichslinie ver-

bunden (am Beispiel des Pegels 40/31, Abb. 28 I, die Werte der Winterhalbjahre von 58, 59, 60, 63, 68, 71). Diese NW-Werte bilden die untere Einhüllende der Grundwasserschwankungsbreite, auf der sich Veränderungen der Grundwasseroberfläche über mehrere Jahre hinweg feststellen lassen.

Die so in ihrem Verlauf charakterisierten Ganglinien lassen die von Dingolfing flußabwärts abnehmende Tendenz der Grundwasserabsenkung im Uferbereich und damit die Absenkung des Isarwasserspiegels bzw. den Gang der Eintiefung verfolgen.

Der durch die Grundwasserganglinien repräsentierte Isarwasserspiegel gleicht die durch den wechselhaften geologischen Aufbau der Talsohle bedingten örtlich und zeitlich variierenden Niveauunterschiede der Flußsohle aus. Die verwickelten Vorgänge der Geschiebebewegung und die Eintiefung der Flußsohle werden so auf das Maß ihrer Auswirkung auf das Grundwasser zurückgeführt.

Die Grundwasserganglinien lassen sich in Gruppen einteilen, innerhalb derer sich ihre Ausgleichslinien im Typ gleichen (Abb. 28). Das Auftreten dieser Ganglinientypen entlang der Isar ist aus Taf. 4 ersichtlich: In Wirklichkeit stellen die Gruppen I-V fließende Übergänge dar, jedoch verhilft eine Unterteilung zur besseren Anschaulichkeit der Vorgänge:

- I Stetiges, starkes Absinken des Grundwassers; eine Verminderung der jährlichen Absenkungsrate ist nicht zu erkennen
- II Weniger starke Absenkungstendenz vorhanden; deutliche Verringerung der jährlichen Absenkungsrate erkennbar
- III Schwache Absenkung, deren Ende bald abzusehen ist
- IV Nach sehr schwacher Grundwasserabsenkung scheint ein neues, stabiles Grundwasserniveau erreicht
- V Grundwasserpegel, deren Ganglinien keine Beeinflussung durch die Flußbetteintiefung erkennen lassen.

Nach SCHOKLITSCH (Bd.1, 1950) ergibt sich unterhalb eines Flußkraftwerkes die in Abb. 29 dargestellte Form eines Eintiefungskeiles, dessen Ausmaße rechnerisch ermittelt werden können.

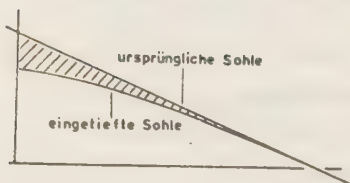


Abb. 29:

Theoretische Form eines  
Eintiefungskeiles nach  
SCHOKLITSCH (Bd.1, 1950)

Das nach dem Staustufenbau vom Fluß angestrebte neue Sohlenniveau kann sich z.B. nach Kurve I der Abb. 30 einstellen: Nach anfänglich hohen Erosionsraten wird die Annäherung der Sohle an das theoretische Idealgefälle verlangsamt fortschreiten. Im Fall Dingolfing zeigt das Grundwasser jedoch bis etwa 8 km nach der Staustufe schon über 13 Jahre

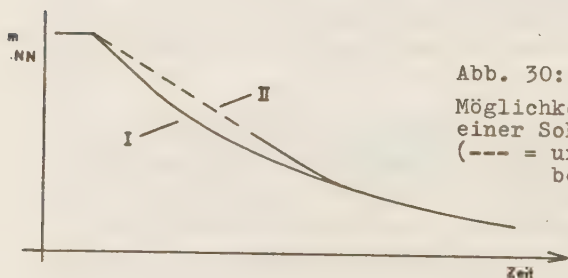


Abb. 30:

Möglichkeiten des Verlaufs  
einer Sohleneintiefung  
(--- = unterhalb Dingolfing  
beobachtet)

hinweg gleichmäßig abfallende Tendenz. Dies ist in Kurve II der Abb. 30 dargestellt, wobei die gestrichelte Linie bis heute beobachtet, der ausgezogene Kurventeil aber in Zukunft zu erwarten ist und in I einmündet. Dies besagt, daß der Fluß vom angestrebten Idealgefälle auf dieser Strecke noch so weit entfernt ist, daß vorerst keine Verringerung der jährlichen Eintiefungsrate eingetreten ist. Die Sättigung des Transportvermögens wird nicht erreicht, weshalb der Fluß die ihm fehlende Geschiebefracht weiter abwärts solange aufnimmt, bis sich Erosion und Akkumulation die Waage halten. So zeigen die Grundwasserganglinien der Typen III und IV (Abb. 28) in der Gegend von Landau die schlagartige Ausbildung einer langen Erosionsstrecke durch sofortiges Ansprechen auf die Inbetriebnahme des Kraftwerkes Dingolfing an.

Den Unterschied zwischen zwei unterschiedlichen Eintiefungsabläufen soll je ein Ganglinientrend von flußnahem Grundwasser darstellen, der an einem Pegel einige Kilometer oberhalb eines Kraftwerkes beobachtet wird (Abb. 31):

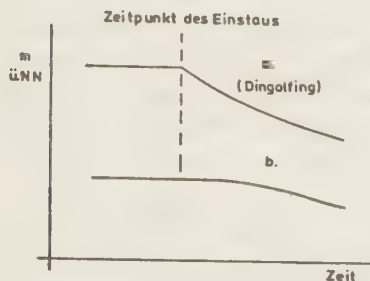


Abb. 31:

Unterschiedlicher Beginn der Grundwasserabsenkung (bzw. Sohleneintiefung) einige Kilometer unterhalb eines Kraftwerkes (Schema)

Je nach der Größe des Unterschieds zwischen den vorherigen und anschließenden Geschiebeverhältnissen wird die Länge der schlagartig auftretenden Anfangserosionsstrecke bemessen sein. Im Falle Dingolfing (völliges Ausbleiben der Geschiebezufuhr) reicht diese Strecke deutlich erkennbar bis Landau, wahrscheinlich sogar einige Kilometer weiter.

Als Beispiel für die Eintiefungsvorgänge unterhalb Dingolfing sei aus der Arbeit von RICHTER (1968) der Vergleich der theoretisch ermittelten und der tatsächlichen Flußsohle im Jahre 1963, also 6 Jahre nach dem Einstau des Kraftwerkes Dingolfing, aufgeführt (Abb. 32) und nach oben dargelegtem Prinzip gedeutet: Im Oberteil kommt der Fluß der theoretisch möglichen Sohleneintiefung nicht nach, wie auch die stete - im Gegensatz zur verringerten - Absenkung des Grundwasserspiegels anzeigt. Das im Vergleich zur nach SCHOKLITSCH errechneten Sohle auftretende Abtragungsdefizit (bis zu 80 cm, bezogen auf die mittlere Sohle) nimmt der Fluß zum Ausgleich über eine längere Strecke verteilt weiter unten wieder auf und übertrifft deshalb dort die errechnete Eintiefung. Der Schnittpunkt zwischen theoretisch ermittelter und tatsächlicher Sohle bzw. der Umschlagbereich zwischen Abtragungsdefizit und Abtragungsvorschub befindet sich etwa bei Fluß-km 37. Bis zu dieser Stelle reicht auch die Strecke der unvermindert absinkenden Grundwasserstände.

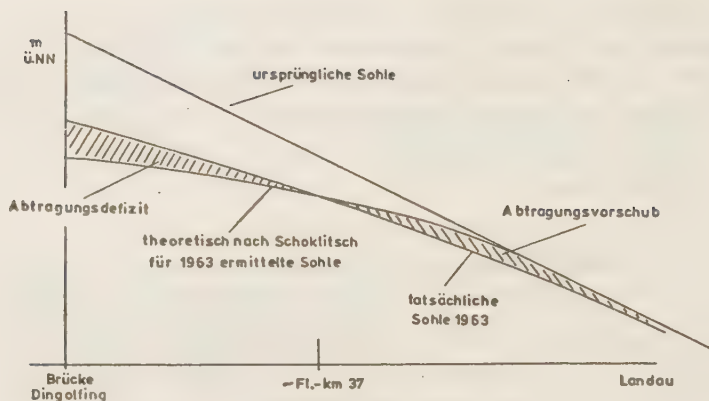


Abb. 32: Vergleich zwischen tatsächlicher und errechneter Sohleneintiefung (schematisch nach RICHTER, 1968)

In der Folgezeit sollte sich die tatsächliche Sohle durch Aufholen des Abtragungsdefizits bei gleichzeitiger Verminderung des Abtragungsvorschubs der theoretischen Sohle nach SCHOKLITSCH mehr und mehr angleichen.

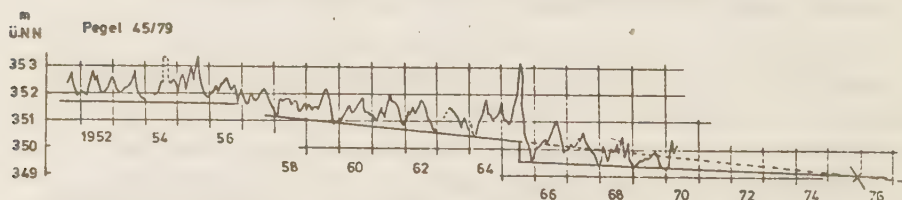


Abb. 33: Tieferlegung der Flußsohle während des HW 1965 (anschließend abgeschwächter Eintiefungsfortgang)

Jedoch wurde durch das HW 1965 die Sohle endgültig in das Tertiär verlegt, wodurch die Eintiefung neu angeregt wird bzw. die auf S. 46 angesprochenen Unregelmäßigkeiten auftreten. Die durch das HW verursachte außergewöhnliche Eintiefung ist im Verhalten des Grundwassers entlang der vom Tertiär gebildeten Flußsohle bis km 42 speziell wahrzunehmen, indem es über die normale Absenkungsrate hinaus deutlich abfällt (Abb. 33). Nach diesem außergewöhnlichen Eintiefungsvorgang setzt sich die Grundwasserabsenkung zwar weiterhin stetig, jedoch mit geringeren Jahresraten fort.

### 3.3.2. Grundwasserabsenkung und ihre Reichweite

Im Gegensatz zur einmaligen, plötzlichen Grundwasseranhebung im Talbereich der Staustufenkette, die bald zu einem stabilen Zustand führte, stellt die Absenkung des Grundwassers im Unterwasser der letzten Stufe einen langfristigen Vorgang dar. Es stellt sich die Frage, in welchem Umfang die in wenigen Jahren aufgetretenen Eintiefungsbeträge des Vorfluters das Grundwasser absinken lassen, oder umgekehrt: In welchem Maße die geologischen Verhältnisse eine Absenkung des Grundwassers vom Fluß her zulassen.

Die Grenze des Einflußbereiches läßt sich durch Ganglinienanalyse der im Gelände verteilten Grundwasserpegel gut abstecken (Taf. 4). Um jedoch die Reichweite der Absenkung mit ihrem örtlichen Ausmaß und zeitlichen Fortgang in Verbindung zu bringen, wurden die Ganglinientrends in der auf S. 78 angegebenen Weise (Verbindung der Jahres-NW-Werte zu einer Ausgleichslinie) charakterisiert. Dort wurde der Fortgang der Grundwasserabsenkung in unmittelbarer Flußnähe zusammen mit der generellen Sohleneintiefung dargestellt. Den dort verdeutlichten flußnahen Absenkungsvorgängen entsprechend lassen sich die Ganglinien vier Gruppen abnehmender Beeinflussung durch Flußbetteintiefung zuordnen. Wie sich die so nach Gruppen eingeteilten Grundwassermeßstellen regional auf bestimmte Zonen verteilen, zeigt ebenfalls Taf. 4.

Die Grundwasserabsenkung nimmt flußabwärts wie auch mit zunehmendem Abstand vom Fluß generell ab. Deshalb ist zu erwarten, daß sich die ausgehaltenen Bereiche tütenartig umgeben. Dies ist jedoch nur teilweise der Fall, denn die verschiedenen Zonen werden auf einer bestimmten Linie, nämlich dem Rand der Altstadt-Stufe, abgeschnitten. Unabhängig vom Ausmaß der Absenkung grenzt der mit der Altstadt-Stufe beginnende, unbeeinflusste Grundwasserbereich von Dingolfing/Höll an talabwärts nacheinander an die Zonen I bis IV. Die Grenze zu letzterer biegt auf der Höhe von Landau in das Gebiet der jüngeren Schotterflächen ein und schmiegt sich unterhalb des Ortes allmählich der Isar an. Ein kontinuierliches Ausklingen des Einflusses der hier allerdings

schwachen Flußbetteintiefung ist also nur in der Gegend von Landau festzustellen. Die aufeinanderfolgenden Zonen ähnlicher Ganglinientypen stellen freilich in Wirklichkeit einen laufenden Übergang dar. Die Grenzlinien charakterisieren aber Reichweite und Ausmaß der Grundwasserabsenkung und zeigen ihre Abhängigkeit von der Geologie auf.

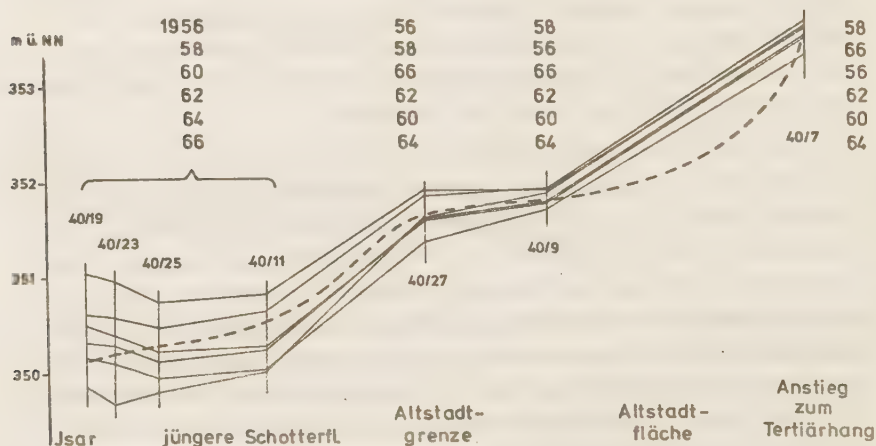


Abb. 34: Grundwasserprofil senkrecht zum Vorfluter: zeitliche Änderung der Jahres-MW-Stände (--- = etwaige Mittel-lage der Gw-Oberfläche)

Die Grundwasserstände und ihre zeitliche Änderung mit dem Eintiefungsfortgang sind am Grundwasserprofil der Pegelreihe 40/19 - 40/7 in Abb. 34 zu ersehen. Es sind mehrere Jahresmittel der Grundwasserstände aufgetragen und geradlinig zu schematischen Profillinien verbunden. Die vier in den jüngeren Schottern liegenden Pegel zeigen ein zeitlich fortschreitendes Absinken der Jahresmittel. (Der Anstieg zum Fluß hin ist durch Hochwässer bedingt, die die Werte in Flußnähe erhöhen.) Vor den Altstadtschottern vollzieht sich dann eine Versteilung des Grundwasseranstiegs. Danach verläuft die Grundwasseroberfläche verflachend in der Altstadt-Stufe weiter und steigt erst in Hangnähe steil zum Tertiär hin an. Pegel 40/27 ist noch geringfügig von der Grundwasserabsenkung betroffen, jedoch zeigt sich schon an ihm, wie auch bei

Pegel 40/9 und 40/7, eine von natürlichen Grundwasserstandsänderungen hervorgerufene, zeitlich ungeordnete Folge der Grundwasserhöhenlagen. Diese bewegen sich im Gegensatz zur steten Absenkung des Grundwassers der jüngeren Schotter in einer Gesamtschwankungsbreite von nur 50 cm auf und ab.

Die Absenkungsbeträge sind aus Taf. 4 zu ersehen. Die Maximalbeträge erreichen unterhalb der Brücke Dingolfing 2,40-2,50 m; jedoch nehmen die Werte flußabwärts bald unter 2,0 m ab. Bei Landau beträgt die Grundwasserabsenkung noch 0,50 m. Unterhalb des Ortes fällt es schwer, vom Vorfluter verursachte Grundwasserabsenkung und natürliches Absinken der Grundwasserstände auseinanderzuhalten. (Nach den Hochständen von 1954 und einiger folgender Jahre ist bis zum Trockenjahr 1964 ein stetes Absinken zu verzeichnen; ebenso zeigen die Grundwasserstände nach dem plötzlichen Anstieg im Jahre 1965 bis heute - Frühjahr 1972 - leicht fallende Tendenz, deren Größenordnung unterhalb Landau im Bereich der künstlich hervorgerufenen Absenkungsraten liegt.) In Gebieten größerer Absenkungsbeträge weiter oberhalb werden die natürlichen Trends von künstlichen z.T. weit übertroffen,

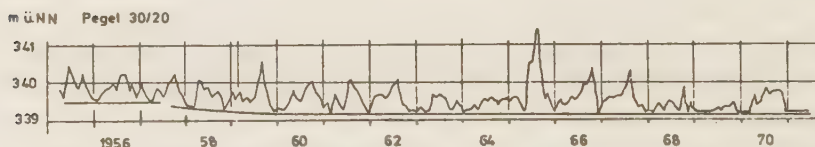
In diesem Zusammenhang soll auf Prognosen eingegangen werden, die vor dem Ausbau der Unteren Isar zu einer Kraftwerkstreppe angestellt wurden und die Reichweite der linksseitigen Grundwasserabsenkung betreffen (KLAPP 1949). Es stellte sich die Frage, ob Grundwasserschwankungen im Isarmoo von Spiegelschwankungen der Isar beeinflußt werden. KLAPP bezog diese Frage auf die Art des Grundwasseraustausches zwischen Moor und Untergrund. Dabei wurde die "Trägheit der Wasserbewegung im Torf" hervorgehoben, womit das "scheinbare Fehlen k u r z f r i s t i g e r Schwankungen in Abhängigkeit vom Isarspiegel" begründet wurde. KLAPP vertrat die Meinung, daß "wesentliche b l e i b e n d e Ä n d e r u n g e n in Abflußmengen und Sohlen- bzw. Spiegellage der Isar sich als Dauerwirkung noch im größten Teil des Isarmooes A und B" (d.i. die Strecke Landshut - Landau) "bemerktbar machen würde". Diese Änderungen an der Isar sind in der Zwischenzeit durch die starke Tieferlegung ihres Wasserspiegels eingetreten, jedoch blieben Grundwasserabsen-

kungen im Moor aus. Die Lösung zur Frage des Grundwasser-  
verhaltens lag also nicht in der Art des Grundwasseraus-  
tausches zwischen Moor und Schotter, sondern ist in einer  
schon vorher zwischen Isar und Moor auftretenden geologi-  
schen Grenze - dem Altstadtrand - innerhalb der Schotter zu  
suchen.

Bei gleichmäßigem Aufbau der Talschotter hätte das Ab-  
senkungsgebiet bis heute wahrscheinlich schon den nördlichen  
Talrand etwa in der Gegend von Moosthenning erreicht. Teile  
des Moores nördlich von Höll lägen über dem Grundwasser-  
spiegel.

Auf der rechten Flußseite reicht die Grundwasserabsenkung  
bis zum Tertiärhang und endet erst dort, wo die tertiäre  
Grundwassersohlfläche von der Absenkung unterschritten wird.  
So hat z.B. der Grundwasserstand des Pegels 30/20 nach  
kurzer Absenkungsdauer ein unterstes Niveau erreicht, welches  
auch bei weiterem Absinken des Isarwasserspiegels nicht mehr  
unterschritten wird (Abb. 35):

Abb. 35:



Im Bereich der Staustufe Dingolfing stoßen die Gebiete  
der Grundwasseranhebung und der Grundwasserabsenkung anein-  
ander. (Die Übergangszone ist durch die bei der Brücke  
Dingolfing bestehende Steinschwelle zusätzlich gestuft.  
Zwischen dieser Schwelle und dem Kraftwerk Dingolfing setzte  
nach dem Bau der Staustufe eine Absenkung ein, die aber 1965  
durch endgültige Stabilisierung der Schwelle nach dem großen  
Hochwasser gestoppt oder sogar etwas rückgängig gemacht  
wurde. Insgesamt beträgt dort die Grundwasserabsenkung in  
Flußnähe nur 1 m.) Die 1957 einsetzende Absenkung des Grund-  
wassers griff auch auf das mit dem Einstau gehobene und sta-  
bilisierte Grundwasser oberhalb der Staustufe Dingolfing über

Der gedämpfte Ganglinienverlauf zeigt leicht abfallende Tendenz, jedoch wird das frühere Normalniveau nicht erreicht. Bis heute ist die Absenkungsfront 1 km nach oberstrom fortgeschritten.

Die der Grundwasserabsenkung entsprechend veränderten Flurabstände erreichen auf einem schmalen, 2 km langen und bis 200 m breiten Streifen unterhalb der Brücke Dingolfing bei Niedrigwasser Maximalbeträge von 5,50 m. Bis zur Bundesstraße und weiter flußabwärts bis Mammingerschwaige verringern sich die Abstände auf 3 m. Zwischen Bundesstraße und Isarmos, unterhalb Mamming zwischen Isar und Moor, betragen die Flurabstände im Mittel 2 m. Im Moorgebiet liegen die Werte unverändert bei etwa 1 m und darunter.

### 3.3.3. Beziehung des Grundwassers zur Isar

Die durch Pflasterung und Blockrauhwurf gesicherten Uferböschungen der eingetieften Isar gestatten ungehinderten Durchgang von Grundwasser und Uferfiltrat. Eine Dichtungshaut aus Schwebeteilchen kann sich infolge der auch bei Mittel- und Niedrigwasser starken Strömung nicht ausbilden.

#### a) Grundwasserisohypsen (s.Abb. 36)

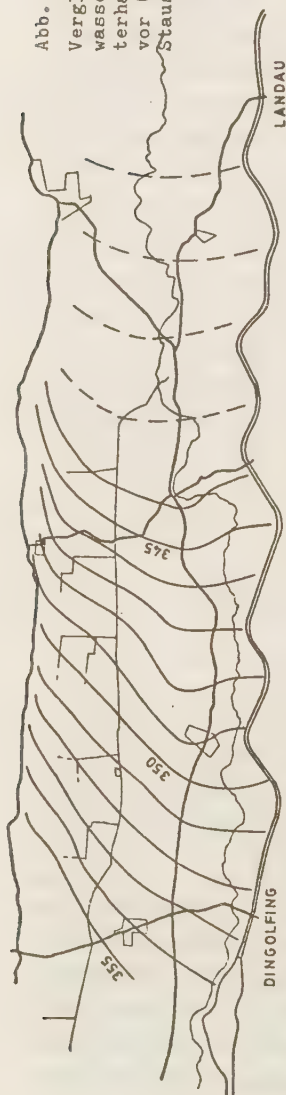
Die Folge der Tieferlegung des Vorfluters drückt sich aus in der Umlenkung des früher ab Dingolfing etwa in Talrichtung fließenden Grundwassers um etwa  $30^{\circ}$  auf die Isar zu. Dabei verlagern sich die Isohypsen um anfangs gut 1 km talaufwärts. Analog der Absenkung des Grundwassers gleicht sich der Isohypsenverlauf bis zur Altstadt-Stufe isarabwärts zunehmend wieder dem unveränderten Zustand an.

Bedeutender Übertritt von Flußwasser in den Grundwasserkörper kommt zwischen Dingolfing und Landau nur bei größeren Hochwässern vor (s.Abb. 36c). Dabei nimmt der Grundwasserhöhenplan durch Infiltration vom Fluß her und Rückstau des Grundwassers einen Zustand an, der etwa dem vor dem Bau aller Stauanlagen, z.B. dem des MNW von 1948 vergleichbar ist:

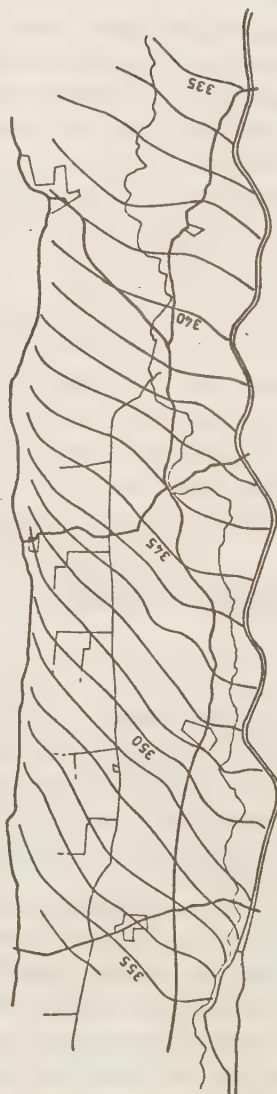
Abb. 36:

Vergleich der Grund-  
wasserfläche un-  
terhalb Dingolfing  
vor (a) und nach dem  
Staufufenbau (b,c)

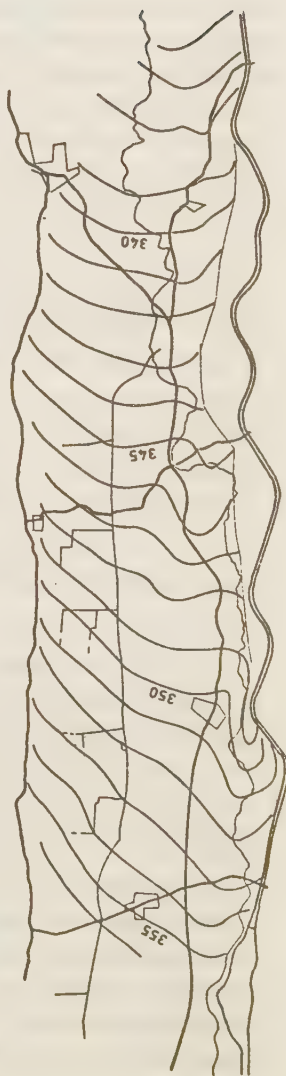
a.  
MNW 1948



b.  
NW 1964



c.  
HW 1965



Es stellt sich das Bild eines annähernd talparallelen Grundwasserstromes ein.

Im Talstück unterhalb Dingolfing ist beim Hochwasser 1965 der Andrang des Uferfiltrats der hier besonders stark ansteigenden Isar gegen den durch Niederschlag ebenfalls erhöhten Grundwasserzustrom gut zu erkennen (Abb. 36c). Die Darstellung der dabei entstehenden Grundwassersenkung ist durch den günstigen Zeitpunkt der Pegelmessung bedingt. Es dürfte wohl schnell ein Ausgleich des Grundwasserreliefs eintreten.

### b) Ganglinienanalyse

Die Hochwasserstände der Grundwasserganglinien wurden statistisch im Zeitraum von 1956 bis 1971 je nach Wertigkeit mit 2, 1 und 1/2 Punkten belegt und nach Monaten in Säulenform aufgetragen (Abb. 37). Es ergibt sich ein hinreichend genaues Bild der zeitlichen HW-Verteilung, das geeignet ist, durch Vergleich mit Niederschlag und Isarwasserstand deren Einfluß auf die Schwankungen der Grundwasserstände abzuleiten.

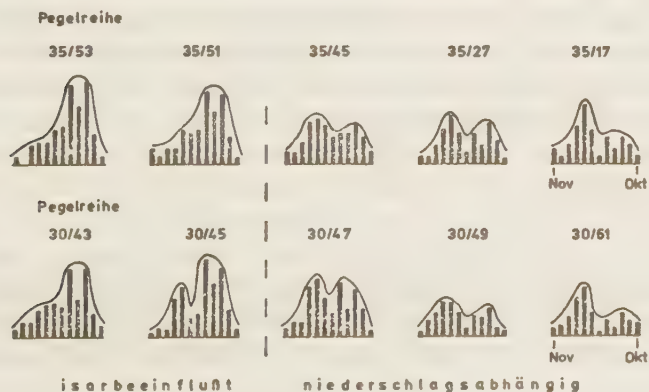


Abb. 37: Statistische HW-Verteilung an zwei Pegelreihen senkrecht zum Fluß

Beim Vergleich der Ganglinienbilder von Pegelreihen und ihrer regionalen Verteilung fallen zunächst zwei Gruppen auf: In unmittelbarer Flußnähe treten deutlich ausgeprägte Amplituden unterschiedlicher Höhe auf, die sich mit zunehmender Entfernung vom Fluß reduzieren und nach etwa 1 km in mehr ausgeglichene Ganglinien weniger markant ausgebildeter Jahresamplituden übergehen. Diese sind dann in der Regel auf der gesamten übrigen nördlichen Talfläche anzutreffen. Die Jahresamplituden verringern sich von durchschnittlich 1 bis maximal 2 m in Flußnähe auf etwa 1/2 m im entfernteren Talbereich.

Die Grundwasserganglinien des behandelten Talstücks werden vor allem vom Abflußverhalten der Isar, dem meteorologischen Geschehen im Isartal, wie auch von Einflüssen des tertiären Einzugsgebietes geprägt.

Das Arbeitsgebiet liegt im Klimabezirk "Niederbayerisches Hügelland". Das Tal der Unteren Isar ist noch in das relativ niederschlagsarme Kerngebiet um Regensburg/Straubing einbezogen und bildet dessen Südrand. Die mittlere Jahressumme des Niederschlags beträgt 650-700 mm (Periode 1891-1930). Es herrscht der Typ des deutlich hervortretenden Sommermaximums (Juni-August) und eines kaum auffallenden Wintermaximums.- Die vier im Arbeitsgebiet zur Verfügung stehenden Niederschlagsmeßstellen (Essenbach, Frichlkofen bzw. Kronwieden, Behrhof, Landau) weisen fast völligen Gleichgang der monatlichen Summenniederschläge auf.

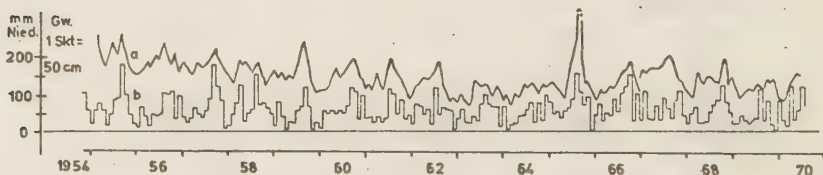


Abb. 38: Ganglinienvergleich zwischen isarnahem Grundwasser und Niederschlägen (a: Gw-Pegel 30/43; b: Niederschlagsmeßstelle Landau)

Diese Niederschlagsverteilung ist nach Süden zu im alpen-  
nahen und alpinen Einzugsgebiet der Isar immer deutlicher  
ausgeprägt und bestimmt auch ihre Wasserführung im Unter-  
suchungsgebiet. Stellvertretend zeigen die in unmittelbarer  
Nähe des Flusses gelegenen Pegel (z.B. 30/43, Abb. 38) die  
Schwankungen des Isarwasserspiegels an.- Die im Normalfall  
bei Alpenflüssen auftretenden Frühjahrshochwässer werden bei  
der Isar durch künstlichen Rückhalt im Sylvensteinspeicher  
seit 1956 stark abgeschwächt.

Beim Vergleich der Ganglinien des isarnahen Grundwassers  
mit den Niederschlägen des Arbeitsgebietes zeigt sich zwar  
eine deutliche Übereinstimmung (Abb. 38), jedoch reagieren  
die Grundwasserstände nicht auf die örtlich fallenden Nieder-  
schläge, sondern auf den Isarwasserstand. Bis zu etwa 1 km  
Entfernung vom Isarufer lassen sich die vom Fluß verursach-  
ten Grundwasserschwankungen in den Ganglinien noch gut er-  
kennen und häufen sich statistisch analog zur Niederschlags-  
verteilung in den Sommermonaten (Abb. 37). Mit weiterer Ent-  
fernung vom Vorfluter tritt das Sommermaximum stark zurück,  
während die Frühjahrshochwasserstände relativ an Bedeutung  
zunehmen.

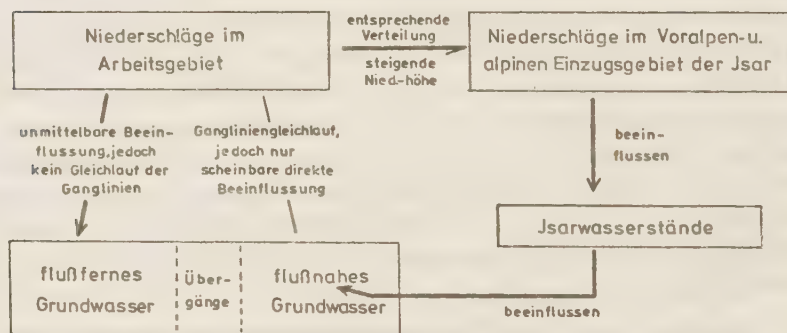
Umgekehrt macht sich der Einfluß des im Tal fallenden Nie-  
derschlags, der die Auswirkungen des Vorfluters überlagert,  
mit zunehmendem Abstand von der Isar immer stärker bemerkbar  
und ist endlich allein für den Grundwasserstand bestimmend,  
wenn auch keine strikte zeitliche Abhängigkeit mehr fest-  
zustellen ist. Sogar Gegenläufigkeit tritt auf. Im fluß-  
fernen, von Isarhochwässern unbeeinflussten Talbereich über-  
wiegt also das Frühjahrsmaximum das des Sommers und macht so  
die Zeit der Grundwasserneubildung deutlich (Abb. 37).- Diese  
erfolgt bekanntlich infolge der Schneeschmelze, der guten  
Bodendurchfeuchtung und der geringen Verdunstung trotz ge-  
ringerer Niederschläge vor allem im Frühjahr, während im  
Sommer wegen der hohen Verdunstungswerte nur besonders starke  
oder langanhaltende Regenfälle das Grundwasser deutlicher an-  
steigen lassen. Die gerade in größerer Entfernung von der  
Isar lehmig-tonigen Feinsedimentdecken verhindern teilweise  
eine sofortige Versickerung auch stärkerer Niederschläge

und wirken so dämpfend auf die sommerliche Grundwasserneubildung.

Die Ausführungen zu den niederschlagsbeeinflussten Grundwasserganglinien gelten auch für den von der Grundwasseranhebung unbeeinflussten Bereich oberhalb Dingolfing.

Bei der Betrachtung der Amplitudenhöhen sind auch die auf S. 62 f. beschriebenen Einflüsse geologischer Art zu berücksichtigen.

Die Einflüsse von Niederschlag und Isar auf Schwankungen des Grundwassers sind in folgendem Schema zusammengefaßt:



Die Grundwasserstände des gesamten Isartales sind nur in geringem Maße natürlichen Veränderungen durch langjährige Trends unterworfen. Es treten nur Unterschiede von wenigen Dezimetern auf, die durch ein einziges Naßjahr wieder ausgeglichen werden. Im ganzen nimmt die Grundwasseroberfläche langjährig ein konstantes Niveau ein.

Der Vollständigkeit halber sei auch auf die völlig vom Fluß abgelegenen, hangnahen Pegel eingegangen: Die Grundwasserganglinien aller Pegel auf oder am Rande der Hochterrasse im Raum Großköllnbach/Wallersdorf zeigen einen andersartigen, wohl auf die Hydrogeologie des tertiären Hinterlandes bezogenen Verlauf (Abb. 39). Die Ganglinie stellt sich mehr ausgeglichen kurvenförmig dar und ist stärker von mehrjährigen Trends bestimmt.

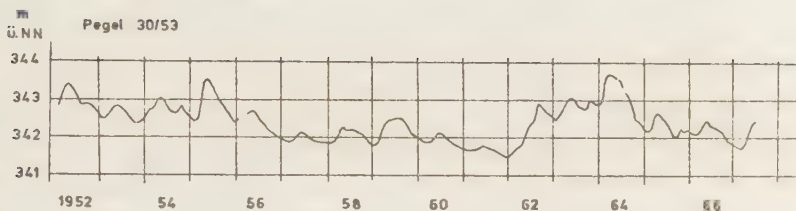


Abb. 39: Vom Gang des Talgrundwassers abweichender Ganglinientyp der tertiärbeeinflussten Hochterrasse

Jedoch zeigen die hangnahen Pegel der jüngeren Talschotter keine deutlich aus den Ganglinien erkennbare Beeinflussung durch Tertiärwasserzufluß; hier dürfte allein der Einfluß der im Tal fallenden Niederschläge bestimmend sein.

#### c) Untersuchungen während des Sommer-HW 1970

Der Scheitel der Hochwasserwelle erreichte das Beobachtungsgebiet (linke Isarauen südlich Gottfriedingerschwaige) am 11. und 12. August. Der Isarwasserspiegel stieg bei einem Abfluß von  $762 \text{ m}^3/\text{s}$  (= vorläufige Abflußfestlegung) um etwa 4 m an, ohne jedoch die Uferwege zu überfluten. Gleichzeitig verursachten die vorausgegangenen Niederschläge allgemein ein starkes Ansteigen des Grundwassers.

Beobachtungen der Grundwasserstände: Die oben statistisch ausgewertete Beeinflussung der Grundwasserstände durch das Flußwasser soll hier anhand eines einzelnen HW-Ereignisses aufgezeigt werden. DIELER u.a. (1964) behandeln dieses Thema eingehend im Rheintal bei Köln.

Die Spiegelschwankungen der Pegelreihe 40/31 - 35/7 vom 12.8. bis 20.8. wurden jeweils um 8<sup>h</sup> und 20<sup>h</sup>, also alle 12 Stunden festgehalten. Die Beobachtungen setzen also noch auf der Spitze des HW ein und lassen dessen Rückgang verfolgen (Abb. 40):

Pegel 40/31 hat am 12.8. das Maximum gerade überschritten und fällt zeitgleich mit dem Isarwasserspiegel rasch ab.

Pegel 40/33 steigt auch nach dem HW-Abfall noch einige Zeit - bis zum 14.8. - an, um dann ebenfalls zu fallen; seine Amplitude ist gegenüber Pegel 40/31 abgeflacht.

Pegel 40/35 wird von einem nunmehr sehr stark abgeschwächten Grundwasseranstieg erst 5 Tage nach dem Scheiteldurchgang des Isarhochwassers erreicht. (17.8.).

Die Pegel 40/37, 35/5 und 35/7, die in den Altstadtsschottern stehen, sind vom Isarwasserspiegel nicht beeinflusst. Sie zeigen nach einem sofortigen, niederschlagsbedingten Anstieg kaum eine deutliche Tendenz.

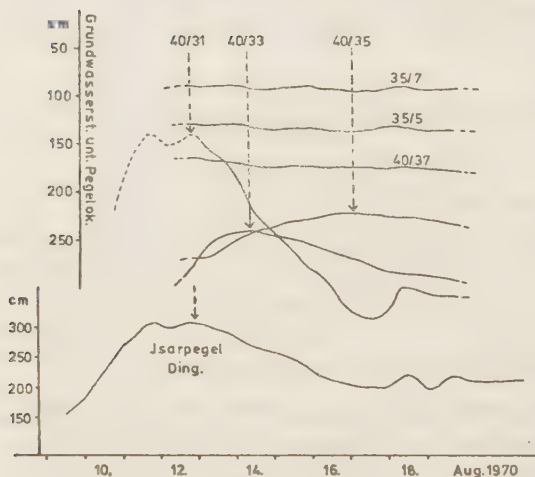


Abb. 40:

Zeitlich versetzte Maxima des Grundwasseranstiegs während des HW 1970 (Pegelreihe senkrecht zum Fluß)

Es ergibt sich also das Bild eines vom Isarufer ausgehenden Wellenberges, der unter zunehmender Abflachung ins Hinterland hineinwandert und schließlich nach gut 1 km ausläuft. Die auf der Stauwirkung von gegeneinander andrängendem Uferfiltrat und Grundwasser beruhende Grundwasseraufwölbung fällt zunächst einseitig zum Hinterland hin ab und nimmt erst durch ihren raschen Abbau im Zuge des fallenden Hochwassers die Form eines Wellenberges an. Durch das Bestreben dieses Wellenberges sich zu verflachen, wird das Grundwasser im Hinterland angehoben. Da die Grundwasserer-

hebung von der Flußseite her jedoch rascher abgebaut wird, erfolgt eine Verlagerung des Scheitelpunktes landeinwärts, wodurch sich das Bild einer wandernden Welle ergibt. Nach DILLER (1964) handelt es sich bei diesen Vorgängen um einen zeitlich verzögerten Druckausgleich zwischen Vorflutwasserständen und Grundwasseroberfläche nach dem Prinzip der kommunizierenden Röhre.

Ausmaß und Reichweite solcher wellenähnlicher Grundwasserbewegungen hängen jeweils von Stärke und Dauer der Isarhochwässer ab. So wären z.B. die Auswirkungen eines noch stärkeren Isarhochwassers möglicherweise bis zur Altstadtkaute, wegen der geringeren  $k_f$ -Werte, die eine kurzzeitige Grundwasserbewegung hemmen, jedoch kaum darüber hinaus festzustellen.

Daß diese Vorgänge der Wechselbeziehungen zwischen Grund- und Flußwasser unter früheren Hochwasserverhältnissen häufiger abliefen und deshalb auch in der Bevölkerung als Phänomen bekannt sind, darf der Äußerung eines alten Bauern entnommen werden: "Wenn die Isar fällt, steigt das Grundwasser".

Hydrochemie: Um die Reichweite der Uferfiltration festzustellen, wurde das Grundwasser an den in Tab. 7 (S.96) bezeichneten Pegeln hydrochemisch untersucht. Es wurden die Gehalte an Chlorid, Hydrogenkarbonat, Nitrat sowie der Gesamthärtegrad und die elektrische Leitfähigkeit ermittelt. Als Vergleichswerte dienen drei Wochen nach dem Hochwasser und im Juni 1971 ermittelte Daten.

Wie aus Tab. 7 hervorgeht, sind lediglich die Konzentrationen in flußnahen Pegeln dem durch das Hochwasser verdünnten Flußwasser angeglichen. Landeinwärts ergibt sich ein starker Anstieg der Konzentrationen. Nach dem Hochwasser erfolgt generell ein Konzentrationsanstieg der flußnahen Pegel.

Das linke Isarufer wird im Abstand von 70-80 m von einem Trockengraben begleitet, der sich bei ansteigendem Hochwasser mit Uferfiltrat füllte, wie der Chemismus eindeutig anzeigt.

Tab. 7: Hydrochemische Untersuchungen während und nach dem Isarhochwasser August 1970

a = HW (12./13.8.70); b = nach HW (3.9.70); c = Juni 1971

| Grundw.-<br>Pegel           | el. Leitfähigkeit<br>[ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ] |     |      | Karbonathärte<br>[ $^{\circ}\text{dH}$ ] |      |      | Gesamthärte<br>[ $^{\circ}\text{dH}$ ] |      |      | Chloridgehalt<br>[ $\text{mg}/\text{l}$ ] |       | Nitratgehalt<br>[ $\text{mg}/\text{l}$ ] |      |
|-----------------------------|--------------------------------------------------|-----|------|------------------------------------------|------|------|----------------------------------------|------|------|-------------------------------------------|-------|------------------------------------------|------|
|                             | a                                                | b   | c    | a                                        | b    | c    | a                                      | b    | c    | a                                         | b     | a                                        | b    |
| 40/19                       | <u>370</u>                                       | 510 | 716  | <u>2,25</u>                              | 15,0 | 17,8 | <u>10,2</u>                            | 16,9 | 17,0 | <u>4,7</u>                                | 10,3  | <u>8,3</u>                               | 13,4 |
| 40/23                       | 650                                              | 700 | 764  | 15,5                                     | 18,1 | 18,8 | 18,8                                   | 22,9 | 16,0 | 13,9                                      | 18,4  | 13,7                                     | 24,4 |
| 40/25                       | 730                                              | 480 | 522  | 16,0                                     | 13,5 | 16,1 | 20,2                                   | 15,7 | 13,3 | 15,4                                      | (7,7) | 16,1                                     | 12,4 |
| 40/31                       | <u>360</u>                                       | 440 | 648  | <u>2,2</u>                               | 12,9 | 14,7 | <u>10,4</u>                            | 15,9 | 15,8 | <u>5,5</u>                                | 6,6   | <u>8,9</u>                               | 16,0 |
| 40/33                       | 730                                              | 490 | 822  | 16,4                                     | 13,5 | 16,8 | 22,2                                   | 16,0 | 17,8 | 18,1                                      | (8,7) | 14,3                                     | 13,8 |
| 40/35                       | 880                                              | 990 | 1008 | 20,7                                     | 22,3 | 20,5 | 21,8                                   | 22,2 | 21,9 | 30,0                                      | 32,8  | 27,4                                     | 33,0 |
| 40/29                       | 890                                              | 780 | 866  | 19,2                                     | 19,0 | 17,6 | 26,9                                   | 25,8 | 18,0 | 23,0                                      | 28,4  | 26,5                                     | 27,0 |
| Infiltrat                   |                                                  |     |      |                                          |      |      |                                        |      |      |                                           |       |                                          |      |
| i. Seitengr.                | <u>500</u>                                       | -   | -    | <u>12,2</u>                              | -    | -    | <u>11,7</u>                            | -    | -    | <u>8,9</u>                                | -     | <u>5,1</u>                               | -    |
| Isar<br>(Gottfr.<br>Brücke) | 390 <sup>+</sup>                                 | 360 | -    | 9,75 <sup>+</sup>                        | 10,5 | -    | 11,5 <sup>+</sup>                      | 15,7 | -    | 6,2 <sup>+</sup>                          | 4,47  | 13,4 <sup>+</sup>                        | 13,0 |

+ = Entnahme der Probe am 14.8.; — = isarbeeinflusst

Aus den Analysenergebnissen kann man eine Reichweite des Uferfiltrats von rund 100 m ableiten. Es ist anzunehmen, daß das Grundwasser nur in Flußnähe vom eindringenden Flußwasser verdrängt, dann aber von ihm überschichtet wird, wobei Mischwasser entsteht.- Der Trockengraben, dessen Wasserspiegel zur Zeit der HW-Spitze mindestens 1 m tiefer lag als die Grundwasseroberfläche (sprudelnde Quellspalten auf beiden Grabenböschungen), dürfte das Vordringen von Uferfiltrat gehemmt haben.

Zusätzliche Erläuterungen: Die Wasserproben aus der Isar wurden erst am 14.8., eineinhalb Tage nach dem Scheiteldurchgang des HW entnommen. Die gelösten Stoffe dürften deshalb zur Zeit der HW-Spitze geringere Werte aufweisen, als oben angegeben.

Der ca. 60 m vom Isarufer abgelegene Pegel 40/29 zeigte während und nach dem HW etwa gleichbleibend hohe, grundwasserbezogene chemische Werte an. In seiner Umgebung befinden sich mehrere ehemalige Flußarme, die sich bündeln und im Bereich des Pegels auf das Isarknie zulaufen. Die in diesen Altarmen andrängenden Grundwasserströme könnten in Verbindung mit der sicher geringeren Reichweite der Uferfiltration am exponierten Isarknie ein Zurückdrängen des Uferfiltrats bewirken.

Temperaturmessungen: Im Seitengraben (s.oben, S.95), dessen Filtratwasser langsam abzog, wurden nach der auf S.71 f. beschriebenen Art Temperaturmessungen vorgenommen. Die gegenüber der durchschnittlichen Grundwassertemperatur um etwa 2-3° erhöhten Werte des Grabenwassers stiegen grabenabwärts langsam an, um dann nach dem Absetzen des Grabens vom Isarlauf bis zum Gottfriedinger Isarknie abzufallen (Abb. 41):

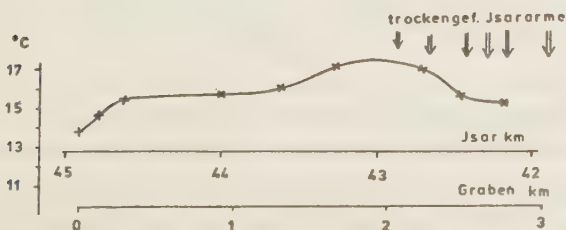


Abb. 41:  
Temperaturmessungen im linken Seitengraben unterhalb Dingolfing während des HW 1970

Der Temperaturabfall kann ebenso wie die Hydrochemie des Grundwasserpegels 40/29 durch den verstärkten Zustrom von Grundwasser auf dem Weg der alten Flußrinnen erklärt werden, die durch den Grundwasseranstieg bis knapp 1 m unter Flur in den Seitengraben einspeisen konnten.

#### 3.4. Hydrochemische Untersuchungen im Isartal

In der Zeit vom 1. bis 9.6.1971 wurden aus Grundwasserpegeln, Schlagbrunnen, Quellen und Wassergräben knapp 100 über das Arbeitsgebiet verteilte Wasserproben entnommen. Innerhalb der nächsten 3 Wochen wurden die Proben auf elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert (elektrisch), Karbonathärte (elektrometrische Titration) und Gesamthärte (Atom-Absorptions-Spektralphotometer) untersucht.

Um die Verteilung der chemischen Werte im Tal, d.h. deren eventuelle Änderung auf dem Weg des Grundwassers nach seinem Austritt aus den Tertiärschottern durch das Talquartär zur Isar hin deutlich zu machen, wurden die Analysenergebnisse in Abhängigkeit zu der in Grundwasserfließrichtung gemessenen Entfernung vom nördlichen Tertiärhang aufgetragen (Abb. 42).

Gesamthärte: Der Streubereich liegt zwischen 15,5 und 23° dH, wobei Werte zwischen 17 und 19° dH am häufigsten auftreten. Die Daten der Gesamthärte weisen größere Unregelmäßigkeiten auf und lassen keinen Trend einer Änderung in Grundwasserfließrichtung erkennen. Die Anteile des Magnesiums an der Gesamthärte liegen zwischen 32 und 46 %.

Karbonathärte: Das Grundwasser tritt mit Härtegraden von 19-24° dH in das Quartär ein, erleidet auf dem Weg durch die Talschotter einen Härterückgang und erreicht mit 16-19° dH den Vorfluter.

Die elektrische Leitfähigkeit schwankt in der Regel zwischen 650 und 950  $\mu\text{S/cm}$ .

Die pH-Werte bewegen sich zwischen 7,0 und 7,7 bei einem Durchschnittswert von 7,3. Ihre Verteilung im Tal läßt keine gesetzmäßige Änderung erkennen.

Die Temperaturen der aus durchschnittlich 3 m Tiefe entnommenen Wasserproben lagen um 9-10° C.

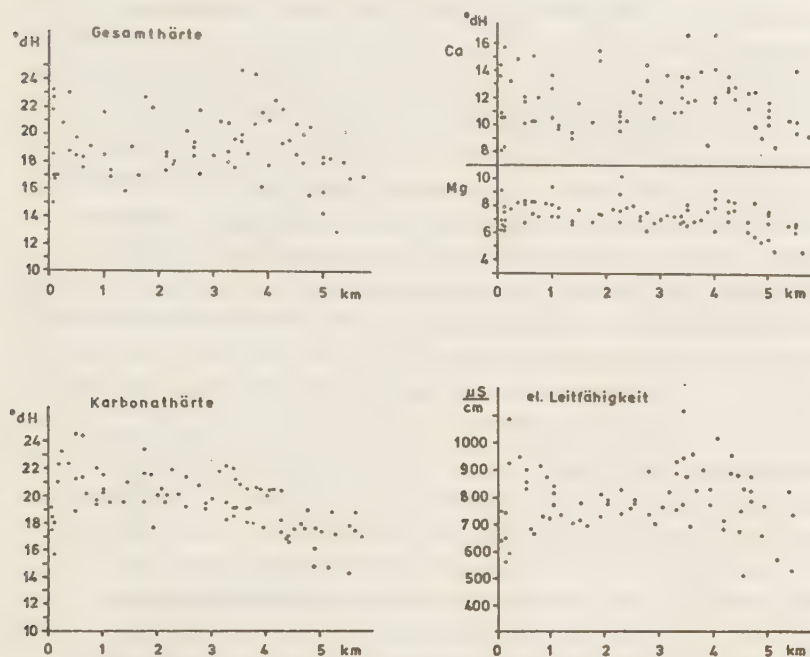


Abb. 42: Hydrochemische Grundwasseranalysen der Talaue links der Isar; Entnahmepunkte nach ihrer Entfernung zum Tertiärhang

Die Gesamthärte des als "ziemlich hart" bis "hart" zu bezeichnenden Grundwassers entspricht derjenigen der Kalkschotterwässer. Jedoch besitzt das Grundwasser diese hohen Härtegrade schon beim Eintritt in die quartären Talschotter. Die am linken Rand der Diagramme (Abb. 42) gelegenen Punkte können näherungsweise auf das Tertiärwasser bezogen werden. Da die tertiären Schotter und Kiese selbst nur wenig karbonatische Bestandteile enthalten, sind vor allem die in die Schotter eingeschalteten Mergel, Süßwasserkalke und sicher auch die Lößbedeckung für die Wasserhärte verantwortlich. Hingewiesen sei auf die Kalktuffbildungen des südlichen Talhanges. Bekannt ist der "wachsende Stein von Usterling" (VOIGTLÄNDER, 1968), der von einem Quellwasser von 23° dH gebildet wird.

Auch innerhalb der Schotter erfolgt Kalkabscheidung, wie bisweilen zu Nagelfluh verbackene Schotterpartien anzeigen. Auf dem Weg durch die Talschotter behält das Grundwasser die Gesamthärte bei.

Die Karbonathärte übertrifft die Gesamthärte scheinbar vor allem in der Nordhälfte des Tales um  $2-3^{\circ}$  dH, während sie sich weiter im Süden der Gesamthärte im Durchschnitt angleicht und den Kalkschotterwässern entsprechende Werte um  $17^{\circ}$  dH annimmt. Ihre gegenüber der Gesamthärte erhöhten Werte im Nordteil des Tales könnten auf die Herkunft des Grundwassers aus dem Tertiär hinweisen, jedoch wurden Untersuchungen auf Alkali- und Eisenionen, die scheinbar eine erhöhte Karbonathärte verursachen, nicht vorgenommen. Auch die hohen, oft 40 % übersteigenden Magnesiumanteile der Gesamthärte weisen auf Tertiärwassereinflüsse hin.

Sicher sind die Analysenergebnisse durch künstliche Verunreinigung (Straßen, Müllkippen, Versitzgruben, Abwassergräben, intensive landwirtschaftliche Nutzung etc.) beeinflusst. So sind mit dem Beginn der Siedlungszone und der landwirtschaftlich genutzten Fläche nach etwa 3 km Fließstrecke leicht erhöhte Werte des Ca und der Gesamthärte sowie der Leitfähigkeiten festzustellen. Auf künstliche Verunreinigung des Grundwassers deuten auch die im August 1970 gemessenen Nitratwerte im Bereich der Siedlungszone hin. Sie liegen zwischen 12,4 und 33,0 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$  (7 Proben). Dagegen enthalten drei im unbesiedelten Norden entnommene Proben 10,6, 13,0 und 14,4 mg  $\text{NO}_3/\text{l}$ . Nach SCHMEING (1970) sind allein durch Auswaschung der Düngersalze Anstiege des Salzgehaltes auf das 2 1/2 fache nicht selten.

Eine weitere Unsicherheit ergibt sich durch möglichen unkontrollierten Grundwasserzutritt aus Kiesen und Sanden der unterlagernden Süßbrackwassermolasse oder tieferen Schichten. Beim Bau der Staustufen wurden mehrmals in wenigen Metern Tiefe gespannte Grundwasserhorizonte erbohrt, die zwar meist schnell ausbluteten, jedoch die Wahrscheinlichkeit des Austritts oberflächenferneren Tertiärwassers in die Talschotter anzeigen. Die Hohlform des Taltroges schneidet Tertiärschichten an, die von keinem der benachbarten Fluß-

systeme (Laaber, Vils) erreicht werden. Das Isartal bildet deshalb als tiefste, das niederbayerische tertiäre Hügel-land schneidende Rinne den Vorfluter auch für die Wässer tieferer Tertiärschichten (s.a.S.109). Wahrscheinlich aber ist der Zutritt solcher Wässer in die Talschotter gegenüber dem Grundwasserzustrom aus den tertiären Vollschothern und der Grundwasserneubildung durch im Tal fallende Niederschläge gering zu veranschlagen.

In diesem Zusammenhang sei auf einen urkundlich (Stadtarchiv Dingolfing) erwähnten "Mineralbrunnen" "nahe in der Mitten" des Isartales auf der Höhe von Dingolfing hingewiesen, dessen Wasser von G. KAISER, Professor der Chemie ... zu Landshut, im November 1828 wie folgt analysiert wurde:

a) Luftarten:

|                        |   |                          |
|------------------------|---|--------------------------|
| Schwefelwasserstoffgas | } | in beträchtlichen Mengen |
| Kohlensaures Gas       |   |                          |

b) Salze:

Kohlensaurer Kalk  
Kohlensaure Bittererde ...  
Schwefelsaures Natron  
Salpetersaure Bittererde  
Hydrothionsaure Bittererde und Kalkerde

Auftraggeber der chemischen Untersuchung war der "Saliter-sieder Deiser", der die Errichtung eines Kurbades anstrebte.

Der Chemismus des Grundwassers der Talaue wird zu Zeiten mittlerer oder leicht erhöhter Isarwasserstände nicht vom Flußwasser beeinflußt. Der Fall des bei Isarhochwasser infiltrierenden Flußwassers wurde bereits auf S. 95 f. behandelt.

Die Analysendaten im Gebiet der Staustufenkette und unterhalb davon unterscheiden sich nicht. Da das Grundwasser der Talaue durch die Anlage der Seitengräben von eventuellen Sickerwasseraustritten aus den Stauräumen abgeschirmt ist, stellt sich auch nicht das Problem der Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit durch die Stauanlagen.- (Dagegen treten

andernorts bei fehlenden Vorflutgräben in der Regel Infiltrations- und Mischwasserzonen auf, die das Grundwasser in vielfältiger Weise verändern. Vgl. hierzu: GUINOVART (1969), HOLZ (1970), JÄCKLI (1967), WEBER (1962), WOLFSKEHL (1970).)

Über die Abdichtung der Stauräume und den somit einseitig starken Grundwasserandrang von der Talseite her s.S. 71 und S. 104. Die Analysendaten des nicht durch Oberflächen-einleitungen beeinträchtigten Seitengrabenwassers weichen nur leicht von denen des Grundwassers ab (rechte Seite der Grundwasserdiagramme der Abb. 42). Die etwas niedrigeren Werte sind wahrscheinlich auf geringe Mengen von Sickerwasser aus den Stauräumen zurückzuführen.

Sechs Analysen der rechten und linken Seitengräben der Haltungen I-III:

|                            |               |
|----------------------------|---------------|
| ph-Wert:                   | 7,3-7,4 (7,8) |
| Karbonathärte:             | 11,9-15,3° dH |
| Gesamthärte:               | 12,9-17,2° dH |
| Mg-Anteil der Gesamthärte: | 28,5-32,2 %   |

#### IV. Wasserhaushalt

Auf eine abgeschlossene Wasserbilanz mußte verzichtet werden, da im Rahmen dieser Arbeit eine genaue Festlegung des unterirdischen Einzugsgebietes nicht möglich war.

##### 1. Grundwasserabfluß

###### 1.1. Grundwasserzutritt zur Isar

Die Isar nimmt zwischen Landshut und Landau keine nennenswerten größeren Seitenzuflüsse auf, was besonders für die linke Talseite zutrifft. Aus den in Tab. 1, S. 29 aufgeführten Hauptzahlen des Isarabflusses der Pegel Landshut/Birket und Landau ist ersichtlich, daß die Zunahme der Wasserführung zwischen beiden Meßstellen noch bei MW geringe Werte aufweist, nämlich bei MNQ  $2,9 \text{ m}^3/\text{s}$  und bei MQ  $3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Die Wasserführung des früher vom Albinger Wehr, heute beim Kraftwerk Altheim von der Isar abgeleiteten Längenmühlbaches (Pflichtwassermenge  $3,2 \text{ m}^3/\text{s}$ ) und seiner Verzweigungen beträgt bei Landau rund  $4 \text{ m}^3/\text{s}$  und muß der Isarwasserführung zugerechnet werden. Dadurch erhöht sich die Abflußzunahme bei Mittelwasser auf ca.  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ . Da sich jedoch für den Abfluß am Pegel Birket, der nicht im amtlichen Pegelverzeichnis geführt wird, Unsicherheiten ergeben, ist diese Zahl nur als Größenordnung der geringen Abflußzunahme aufzufassen.

Der unterirdische und oberflächliche Zustrom zur Isar läßt sich jedoch verhältnismäßig genau durch die Messungen der Seitengrabenabflüsse bestimmen. Die Abflußzahlen wurden a) für den Zustrom pro laufenden Grabenkilometer wie auch b) für die auf das tatsächliche Grundwassereinzugsgebiet reduzierte Grabenstrecke (je nach dem Anströmwinkel des Grundwassers zum Seitengraben) errechnet und sind für die Talstrecken der jeweiligen Seitengraben in Tab. 8 zusammengestellt:

Tab. 8: Wasserzutritt  $[l/s]$  zum Vorfluter pro Kilometer  
(Mittelwerte aus jeweils ca. 20-30 Messungen;  
+ = extrapoliert; ++ = nach Darcy errechnet)

| Seitengräben<br>der | a                   |                  | b                                                    |                   |
|---------------------|---------------------|------------------|------------------------------------------------------|-------------------|
|                     | bez.auf 1<br>rechts | Tal-km<br>links  | bez.auf 1 km senkr.zur<br>Gw-fließrichtung<br>rechts | links             |
| Haltung I           | 282                 | 123              | 487                                                  | 129               |
| Haltung II          | 172                 | 150              | 203                                                  | 193               |
| Haltung III         | 124                 | (159)            | 149                                                  | (224)             |
| Haltung IV          | 113                 | (174)            | 146                                                  | (264)             |
| unterhalb IV        | 110 <sup>+</sup>    | 98 <sup>++</sup> |                                                      | 140 <sup>++</sup> |

Vor einer hydrogeologischen Beurteilung der Zahlen ist zunächst allgemein auf Unsicherheiten hinzuweisen, die besonders auf der linken Isarseite zu berücksichtigen sind. Die Abflusssmengen der Gräben beinhalten oberflächliche Zuströme durch Seitenbäche, aber auch Einleitungen aus dem Mühlbach, für die keine sicheren Mittelwerte angegeben werden können. Auch die Abwasserabgabe der zentral aus Tiefbrunnen versorgten Siedlungen dürfte den Grundwasserhaushalt beeinflussen. Die Abflusssmengen der Moosgräben, die dem Mühlbach zufließen, wurden dagegen anteilmäßig auf die einzelnen Seitengräben umgelegt, wobei aber ebenfalls Unsicherheiten auftreten.

Trotzdem ist sicher, daß der natürliche Grundwasserzustrom alle anderen Einflüsse weit überwiegt, weshalb die in Tab. 8 angegebenen Zahlen hydrogeologische Schlußfolgerungen zulassen.

Die Abflußdaten der Seitengräben wurden auf die kurzen gabenfreien Zwischenstücke, wie auch auf die Talstrecke zwischen Dingolfing und Landau extrapoliert. Der danach ermittelte Gesamtzufluß zum Vorfluter von 9,95 - d.h. ca. 10,0  $m^3/s$  - teilt sich in 5,41  $m^3/s$  für die rechte und 4,54  $m^3/s$  für die linke Flußseite auf. Die gleichen Anteile des Zustroms beiderseits der Isar belegen noch einmal die Herkunft des Grundwassers aus dem Tertiär, wobei die un-

symmetrische Verteilung der Talaue links und rechts vom Fluß unmaßgebend ist. (Zur Frage des unterirdischen Einzugsgebietes s.S.108.)

Der Zufluß von  $10,0 \text{ m}^3/\text{s}$  zwischen Landshut und Landau übersteigt zwar den aus den Hauptzahlen des langjährigen Isarabflusses resultierenden Wert von  $7 \text{ m}^3/\text{s}$ . Jedoch deckt er sich gut mit Abflußvergleichen von jüngeren, wohl zuverlässigeren NW-Messungen, die während 4 Wasserspiegelfixierungen der Jahre 1948-1953 vorgenommen wurden und im Mittel eine Abflußzunahme zwischen Landshut/Birket und Landau von 11,65 aufweisen. (Trotzdem ist auch dieser Wert nur als ungefährrer Größenvergleich aufzufassen, da neben der Unsicherheit des Birketpegels z.B. auch der Wasserhaushalt in der Stadt Landshut nicht berücksichtigt ist.)

Der in Tab. 8 in einzelne Talabschnitte aufgeschlüsselte Abfluß zeigt keine Konstanz über das Arbeitsgebiet hinweg. Relativ ungestört stellen sich die Verhältnisse auf der rechten Isarseite dar. (Die vier Kleinbäche des Hinterlandes: Schweinbach, Wolfsbach, Viehbach und Theisbach, treten mengenmäßig mit schätzungsweise 10 % an der Grabenwasserführung zurück. Zudem verteilen sie sich auf die vier Seitengräben. Der Abwasseranteil des Grabens bei Altheim wurde abgezogen.) Beide Spalten des rechtsseitigen Wasserzutritts weisen für die Grabenstrecke Altheim einen sehr hohen Zustrom auf, der bis Niederaichbach erheblich, bis Gummering in abgeschwächtem Maß abnimmt. Danach scheint sich eine nur geringe Abnahme, vielleicht auch Konstanz einzustellen. Die Ursache für diese Änderung des Grundwasserzustroms ist in der Lagerung der grundwasserführenden Vollsotter zu sehen. Die Oberkante der stauenden Süßwasserschichten streicht bei Dingolfing (und weiter abwärts) noch im Isarsteilhang aus, nähert sich bei Niederaichbach der Talsohle um dann gegen Landshut zu stärker abzusinken. Hier bilden die Vollsotter, zumindest aber die fluviatilen Kiese, den tertiären Untergrund, der nun mit den Quartärkiesen ein zusammenhängendes Grundwasserstockwerk bildet und für den starken Grundwasserzutritt verantwortlich zu machen ist.

Diese Tertiärkiese schaffen oberhalb Niederaichbach unter der Isar eine Verbindung zwischen den Schottern der beiden Talseiten. Es ist anzunehmen, daß ein Teil des linksseitigen Grundwasserzustromes dem tieferen Grundwasserniveau der rechten Talaue, d.h. dem rechten Seitengraben der Haltung I zustrebt (s.d. Isohypsenbild d. Taf. 3). So erklärt sich die geringe Zustromrate der linken, ebenso wie der stark überhöhte Wert der rechten Talseite. Die Werte zu beiden Seiten der Haltung II sind aufgrund der beidseitigen Gefälleannäherung und der Einschaltung von wenig durchlässigen Feinsedimenten im Tertiäruntergrund wieder angeglichen. Der beidseitige Gesamtzustrom zeigt jedoch von Haltung I zu Haltung II einen aufgrund der geologischen Verhältnisse (s.o.) zu erwartenden Abfall von 616 l/s.km auf 396 l/s.km (km senkrecht zur Grundwasserfließrichtung; entspr. Tab. 8, Spalte b).

Weiter talabwärts dürfte, da sich das Grundwassergefälle mehr in Talrichtung einstellt und zunehmend Mergel und Sande den Tertiäruntergrund bilden, aber auch schon aufgrund der Eintiefung der Isar und der Staudammdichtungen kein Grundwasseraustausch zwischen beiden Talseiten mehr stattfinden. Erst bei Mamming hebt sich die Flußsohle vom Tertiäruntergrund ab.

Die Zahlenwerte des linksseitigen Grundwasserzuflusses von Haltung III und IV sind durch oberflächliche Einleitungen zu sehr verfälscht. Zu erwarten wäre ein analog der rechten Seite abnehmender Grundwasserzustrom. Die Abflußwerte für den oben angegebenen Gesamtzustrom wurden deshalb unterhalb Dingolfing nicht extrapoliert, sondern nach der Formel von Darcy mit 140 l/s.km errechnet, was einem Grundwasserzutritt zur Isar von 98 l/s.Tal-km entspricht (extrapolierter Wert der rechten Talseite: 110 l/s.Tal-km).

Frühere Bearbeiter (s.S. 4) des Tertiären Hügellandes geben ein leichtes Einfallen der Tertiärschichten nach N oder NW an. Dies würde den Grundwasserzuzug auf der südlichen Talseite begünstigen, den der Nordseite vermindern. Die hier anschließende Frage nach dem unterirdischen Einzugsgebiet wird in Kap. IV.2 behandelt.

## 1.2. Moorentwässerung

Auf die Anlage der Moorgräben und ihre indirekte Entwässerungswirkung auf das Moor durch Entlasten des Kiesgrundwassers wurde hingewiesen (S. 52). Der Vergleich von Abflußmessungen eines Moorgrabens mit denen eines Seitengrabens (Abb. 24) zeigt trotz geringerer Wasserführung eine wesentlich höhere Schwankungsbreite des Abflusses im Moorgraben. Da die Moorgräben nur etwa 1 m in die Mooroberfläche eingebracht sind, reagieren sie heftig auf Schwankungen des Grundwasserstandes bzw. des Grundwasserspiegels. Die Gräben führen keinen gesicherten Trockenwetterabfluß, sondern fallen bei stärkerem Absinken der Grundwasseroberfläche zum Teil zeitweise trocken. Die geringe Restwassermenge z.B. der Jahre 1959, 1961, 1962 (Abb. 24) stammt dann aus nördlichen, hangnahen Moorbeichen.

Die Entwässerungsleistung und der dadurch bedingte Absenkungsbetrag der Grundwasseroberfläche lassen sich rechnerisch leicht in Zusammenhang bringen. Die über mehrere Jahre hinweg insgesamt etwa 20 mal gemessenen Abflußmengen der Moorgräben betragen zusammengekommen im Mittel 561 l/s. Dies entspricht einem Anteil am gesamten linksseitigen Grundwasserzufluß zur Isar ( $5,41 \text{ m}^3/\text{s}$ ) von 10,4 % also rund 10 %. Setzt man die Mächtigkeit des Grundwasserkörpers im Moorgebiet vor der Entwässerung mit durchschnittlich 7-8 m an (5 m bei Altheim, zunehmend auf etwa 9 m bei Landau), so ergibt sich bei Absenkungsbeträgen von 70-80 cm ein dem Drainageabfluß entsprechender Absenkungsbetrag von ebenfalls 10 %.

## 1.3. Isar und Grundwasserzustrom der Talaue

Das unmittelbar unterhalb Landshut noch auf kurzem Weg der Isar zustrebende Grundwasser bildet sich bei Landau mehr zu einem Grundwasserbegleitstrom aus. Bei Landau ergeben sich Veränderungen im Isohypsenbild des Grundwassers durch die Auswirkungen der Stauanlagen nur noch in geringem Maße.

In welcher Weise der linksseitige Grundwasserbegleitstrom bei der Abflußfestlegung des auf den Isarpegel Landau bezogenen Einzugsgebietes zu berücksichtigen ist, sollen folgende Zahlenvergleiche zeigen:

Nach Darcy errechnet sich der unterirdische Abfluß der Talaue bei Landau für den NW-Stand von 1964 (Taf. 3) zu 336 bis 360 l/s. Dies entspricht größenordnungsmäßig auch den in den Seitengräben gemessenen Grundwassermengen. (Zugrunde gelegt wurden die  $k_f$ -Werte der Altstadt-Stufe von  $0,3-0,4 \cdot 10^{-2}$  m/s, die der jüngeren Schotter von  $1,1 \cdot 10^{-2}$  m/s, eine mittlere Mächtigkeit des Grundwasserkörpers von 8-8,5 m bei einer Talbreite von 4 km und einem mittleren Grundwassergefälle von 1,5 ‰. In die Berechnung ging die Korrektur der bei NW nach dem Bau der Stauanlagen um im Mittel  $20^\circ$  von der Talparallelen zur Isar hin abweichenden Grundwasserfließrichtung ein.) Setzt man den so ermittelten Grundwasserabfluß in Beziehung zum MNQ der Isar von  $88 \text{ m}^3/\text{s}$  (Tab. 1, S.29), so ergibt sich ein Anteil von nur 0,40 ‰. Auch der Anteil des Grundwasserabflusses bei HW-Ständen des Grundwassers (z.B. HW 1965) liegt - wieder bezogen auf ein MNQ der Isar - kaum höher (0,43 ‰). Im ganzen fällt also der Anteil des Grundwasserbegleitstroms von rund  $1/2$  ‰ am Gesamtabfluß kaum ins Gewicht, stellt aber doch eine meßbare, relativ sicher zu ermittelnde Größe dar.

## 2. Grundwassereinzugsgebiet

Aus dem der Unteren Isar zwischen Landshut und Landau zugehörigen oberirdischen Einzugsgebiet (rechts der Isar  $241 \text{ km}^2$ , links der Isar  $327 \text{ km}^2$ ) und den entsprechenden Zutritten von Grundwasser und - untergeordnet - Oberflächenwasser (rechts  $5,41 \text{ m}^3/\text{s}$ , links  $4,54 \text{ m}^3/\text{s}$ ; s.S. 104) wurden die theoretischen Abflußspenden errechnet. Diese betragen 22,7 (re) und 13,9 (li) l/s·km<sup>2</sup>.

Beim Vergleich mit den von KERN (1954) ermittelten Linien gleicher Abflußspenden, die für das Tal der Unteren Isar und deren Hinterland Werte zwischen 6 und  $7 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$

angeben, erweisen sich die errechneten Gebietswerte um den Faktor 3,5 (re) bzw. 2,14 (li) zu hoch. Mit mindestens diesen Faktoren sind die oberflächlichen Einzugsgebiete der Unteren Isar zu multiplizieren, um das unterirdische Wassereinzugsgebiet zu erhalten. Dies bedeutet, daß das Einzugsgebiet der Isar im NW zum Teil unter Großer und Kleiner Laaber, im SE unter dem Vilssystem durchgreift (und hier möglicherweise das unterirdische Einzugsgebiet des Inn berührt). Die Talsohlen von Vils und Laaber liegen 50-70 bzw. 25-70 m höher als die entsprechenden Talstrecken der Isar und berühren in keinem Falle die stauenden Schichten der Süßwassermolasse. Da das im Vils- und Laabersystem abfließende Oberflächenwasser dem unterirdischen Isareinzugsgebiet verlorenggeht, sind oben angegebene Faktoren (3,5 bzw. 2,14) als Mindestwerte anzusehen, wodurch sich der Grundwassereinzugsbereich der Unteren Isar noch entsprechend vergrößert. Seine genauere Festlegung steht hier nicht an. Es sollte lediglich verdeutlicht werden, daß der Grundwasserstrom der Talaue zum weit überwiegenden Teil dem Tertiär entstammt.

### 3. Grundwasserneubildung in der Talaue

Die generelle Herkunft des Grundwassers der Talaue wurde im Vorhergehenden und auch in anderem Zusammenhang (z.B. S. 51 f.) deutlich

Die quartäre Talfläche des Arbeitsgebietes umfaßt 167 km<sup>2</sup> und ist bis auf die in Talmitte auftretenden lehmig-tonigen Decksedimente insgesamt gut zur Versickerung des Niederschlags geeignet. Nach den Werten von KERN (1954) errechnet sich bei einer Abflußspende von 6-7 l/s.km<sup>2</sup> eine Grundwasserneubildung innerhalb der Talaue von 1085 l/s. Der im Tal selbst gebildete Anteil am Gesamtabfluß des linksseitigen Isareinzugsgebietes (4,54 m<sup>3</sup>/s) beträgt somit 24 %. Dagegen entstammt der Zufluß der rechten Talseite fast ganz dem Tertiär.

#### 4. Wasserversorgung, Abwasserbeseitigung

Dem Kapitel Wasserhaushalt seien noch einige Angaben zur Siedlungswasserwirtschaft angefügt:

Die Siedlungen des unteren Isartales werden zunehmend an zentrale Gruppenanlagen angeschlossen, die das Wasser tieferer Tertiärschichten fördern. So werden die Ortschaften oberhalb von Dingolfing durch die "Isargruppe I" (3 Tiefbrunnen bei Ohu) und durch die "Isar-Vils-Gruppe" (2 Tiefbrunnen rechts der Isar bei Fluß-km 63) versorgt. Die Stadt Landshut bezieht Trinkwasser hauptsächlich aus Flachbrunnen der Talaue oberhalb der Stadt bei Siebensee. Die Siedlungen zwischen Dingolfing und Landau sind zu weniger als 30 % an zentrale Anlagen außerhalb des Isartales (Mallersdorf-Gruppe, Aham-Steinberg-Gruppe) angeschlossen.

Kleinere Ortschaften besitzen Eigenwasserversorgung aus Wasserfassungen der Tertiärhänge und des nahen tertiären Hinterlandes. Besonders Einzelanwesen entnehmen noch aus Flachbrunnen bzw. Druckkesseln das Wasser der quartären Tal-schotter. Auch in dichter besiedelten Talzonen werden noch Schlagbrunnen zur Trinkwasserentnahme herangezogen, nach der Aussage nicht weniger Besitzer sogar dem zentral gelieferten Wasser vorgezogen, was jedoch aus hygienischen Gründen abzulehnen ist. Nur vereinzelt existieren private Tiefbrunnen (z.B. Gut Rosenau).

Das Abwasserproblem ist noch weitgehend ungelöst. An Kläranlagen bestehen bisher:

Landshut: mechanisch, 55 000 EGW (= Einwohnergleichwert)

Niederaichbach: Erdbecken, 450 EGW

Teisbach: mechanisch, 1500 EGW

Dingolfing: 1971 fertiggestellte, moderne Anlage; 55 000 EGW.

Die Abwässer aller übrigen Siedlungen, so z.B. die der Stadt Landau, bei Überlastung durch Regenabfluß auch die von Landshut, wie bisher die von Dingolfing, werden ohne jede Reinigung den örtlichen Vorflutern Isar, Mühlbach und Seiten-gräben zugeführt. Einzelanwesen und Siedlungsgruppen leiten das Abwasser in Versitzgruben oder Gräben.

Derzeit erreicht die Isar Landshut mit einer Wassergüte von II-III, die sich unterhalb der Stadt auf III verschlechtert. Die Stauräume der Haltungen Niederaichbach und Dingolfing tragen zur Selbstreinigung der Isar bei. Bis Landau verbessert sich die Güteklasse wieder auf II, die, abgesehen von örtlichen Verunreinigungen, im wesentlichen bis zur Mündung in die Donau gehalten wird (nach FRITSCH, 1971). Nach Untersuchungen des Bayerischen Landesamtes für Wasserversorgung und Gewässerschutz (1971/72) erreicht die Isar in den Stauhaltungen jedoch nur Güteklasse II-III und bleibt bis zur Mündung "kritisch belastet".

Für die nahe Zukunft bestehen Pläne für zentrale biologische Kläranlagen wie z.B.:

Landshut: 250 000 EGW,

Abwasserverband "Isartal" unterhalb Landshut: 20 000 EGW,

Wörth: 9000 EGW,

Landau: 45 000 EGW.

## V. Zusammenfassung

Es sollten die durch künstliche Umgestaltung der Vorflutverhältnisse aufgetretenen Beeinflussungen des natürlichen, ursprünglichen Grundwasserkörpers in einem geologisch weitgehend unbearbeiteten Talabschnitt der Unteren Isar dargestellt werden:

### 1. Die Geologie des Talquartärs

Die tertiäre Unterlage der quartären Talfüllung setzt sich im wesentlichen zusammen aus Feinsanden, Mergeln und Feinkiesen (Limnische und Fluviatile Süßwasserschichten), die Talhänge werden vor allem von Schottern (Nördliche Vollsotter) der Oberen Süßwassermolasse gebildet.

Die quartäre Talfüllung besteht aus spät- und postglazial in mehreren Phasen geschütteten Kiesen, die sich zu einem Terrassenbau ordnen. Durch Einengung der aktiven Geschiebezone auf die rechte Talseite wurden die Terrassen einseitig links der am südlichen Talhang fließenden Isar angelegt. Die Terrassenstufen lassen sich mit den von BRUNNACKER (1959) auf Blatt Freising Süd untergliederten Schottereinheiten parallelisieren. Die Nordhälfte des Tales nehmen die großflächig einheitlich geschütteten Schotter der Altstadt-Stufe ein. Auf der Südhälfte folgen vier jüngere Schotterkörper (Pulling-, Lerchenfeld-, Dichtl- und Auwald-Stufe) dicht aufeinander, die durch kleinerflächige, unruhigere Schüttungsvorgänge gekennzeichnet sind. Die geologische Gliederung des Talbodens erfolgte vor allem nach geomorphologischen, nach bodenkundlichen, untergeordnet auch nach siedlungsgeschichtlichen Merkmalen. Die Niedermoore der nördlichen Talhälfte sind an Altstadtschotter gebunden. Die morphologische Gliederung der Schotterkörper wird vor allem durch die Hebungszone der "Landshuter Schwelle" verursacht und tritt talabwärts mit zunehmender Entfernung von deren Scheitelzone zurück.

## 2. Die natürlichen hydrogeologischen Verhältnisse

Die Isar besitzt ein weit über ihre oberflächlichen Wasserscheiden hinausreichendes unterirdisches Einzugsgebiet. Das Grundwasser der quartären Schotter wird vor allem durch Zutritt aus den Tertiärschottern der Talhänge gespeist und findet nach Durchströmen des Tales in der Isar seine Vorflut. Die Härte des "ziemlich hart" bis "hart" aus den Tertiärschottern austretenden Grundwassers ändert sich im Talquartär kaum und entspricht derjenigen der Kalkschotterwässer. Unregelmäßig erhöhte elektrische Leitfähigkeiten und die Nitratgehalte deuten auf künstliche Verunreinigung hin.

Richtung und Gefälle des Grundwasserstromes sind abhängig vom Terrassenbau der Schotter bzw. der generellen Neigung ihrer tertiären Sohlfläche zur Isar. Mit der talabwärts verflachenden Terrassentreppe ändert sich die Fließrichtung des Grundwassers bei gleichzeitiger Gefälleabnahme von "nahezu senkrecht zum Fluß" unterhalb Landshut zu fast "talparallel" bei Landau. Daraus sind die ehemaligen Beziehungen des Grundwassers zur Isar abzuleiten. Ebenso bestimmt die talab verflachende Terrassenmorphologie die Überflutungsgrenzen. Auf bestimmten Talzonen können die generellen Strömungsverhältnisse des Grundwassers durch geologische Eigenschaften einzelner Terrassenkörper oder durch Einflüsse des Vorfluters modifiziert werden.

Die Moore der Nordhälfte lagern zum Großteil auf einem tonigen, den Kies abdeckenden Hochflutsediment. Die Verlandung der ehemals offenen Grundwasserflächen erzeugte eine muddeartige Unterschicht, die zusammen mit dem Ton einen großflächigen Grundwasseraustausch zwischen Kies und Torf verhindert. Dieser vollzieht sich vielmehr kleinflächig oder punktförmig bei fehlender Trennschicht zwischen Torf und Kies, so daß im meist stark zersetzten Moor nur äußerst träge Grundwasserbewegungen erfolgen. Schwankungen der Grundwasserstände in Moor und Kies können zeitlich verschieden sein. Quellauftritte nahe des Nordhanges entspannen das zeitweilig leicht gespannte Grundwasser der unterlagernden Schotter.

Das Isohypsenbild vor der künstlichen Umgestaltung der Isar und der Moorentwässerung ist anhand von eindeutig festzustellenden Höhenlagen der ehemaligen Grundwasseroberfläche (ehemaliges Wildwasserbett der Isar, Moor, Tertiärhang) zu rekonstruieren.

### 3. Die Auswirkungen wasserbaulicher Veränderungen auf die Flußsohle

Neben der gleichmäßigen Eintiefung der Isar nach ihrer Begradigung rief besonders die Flußbetteintiefung unterhalb der Stauanlagen hydrogeologische Veränderungen hervor. Im Falle des Albinger Wehres ergänzen sich Geschiebezufuhr von oberstrom und Geschiebeaufnahme unterhalb zu einer konstanten Geschiebefracht. Nach dem Bau der Staustufenkette beginnt dagegen unterhalb Dingolfing die Sättigung der völlig geschiebefrei aus dem Stauraum austretenden Isar. In beiden Fällen erfolgt trotz unterschiedlicher Geschiebezufuhr (Albing) bzw. wechselhaftem Hochwasserabfluß (Dingolfing) auf einer Länge von einigen Kilometern unterhalb der Stauanlagen stete, unverminderte Eintiefung der Flußsohle; dies zeigt ein Zurückbleiben hinter der nach dem Transportvermögen theoretisch zu erwartenden Eintiefungsrate an. Erst weiter unterhalb wirkt sich unterschiedlich starkes Transportvermögen der Isar durch weites Vor- oder Rückspringen des Endpunktes der Erosionsstrecke aus.

Der grundsätzliche Verlauf der Eintiefung läßt sich gut aus den Ganglinien unmittelbar dem Fluß benachbarter Grundwasserpegel ablesen, da die Grundwasseroberfläche lokale Unregelmäßigkeiten der Flußsohle ausgleicht. Die Grundwasserganglinien geben auch Unterschiede der Erosionsleistung der Isar wieder, die beim Vergleich zwischen der theoretisch nach SCHOKLITSCH (Bd.1, 1950) ermittelten und der tatsächlichen Sohlenlage auftreten: Auf eine Flußstrecke defizitären Sohlenabtrags folgt der Übergang zu einer Strecke erhöhten Sohlenabtrags. Den so gekennzeichneten Erosionsstrecken und ihrem Übergangsbereich entspricht die Ausdehnung der Strecken unvermindert anhaltender bzw. abnehmender Absenkung des

Grundwassers. Das Abtragungsdefizit der Oberstrecke wird auch durch sofortiges Ansprechen der Flußsohle auf den Einstau weit unterhalb des Kraftwerkes angezeigt.

#### 4. Die Auswirkungen wasserbaulicher Veränderungen auf den Grundwasserkörper

Aus dem Vergleich der heute bestehenden Grundwasseroberfläche mit den rekonstruierten Grundwasserhöhengleichen vor der Isarregulierung kann die Gesamtveränderung des Grundwasserkörpers bis heute ersehen werden.

Die den Kiesuntergrund anscheidenden Moorentwässerungsgräben entspannen das Kiesgrundwasser, wodurch auch der Grundwasserspiegel des Moores absinkt.

Die augenfälligste Veränderung der Grundwassers bewirkten die Anlagen der Staustufenkette Altheim - Dingolfing. Die Vorflut der über Geländehöhe aufgestauten Isar übernehmen Seitengräben, wodurch das Grundwasser auf ein vorgeplantes, in Grabennähe stabilisiertes Niveau angehoben wird. Das Grundwasser der Talaue ist durch die Seitengräben vor aus den Stauräumen austretendem Sickerwasser abgeschirmt, weshalb keine Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit eintritt. Zudem waren die Stauräume wenige Jahre nach Einstau auf natürliche Weise weitgehend abgedichtet.

Unterhalb Dingolfing folgt das Grundwasser dem abgesenkten Isarwasserspiegel. Es lassen sich analog zur Isar Zonen unterschiedlicher Absenkungstendenz unterscheiden, die tütenartig aufeinanderfolgen, jedoch an der geologischen Grenze zu den weniger durchlässigen Altstadtschottern abgeschnitten werden. Diese, wie auch die auflagernden Moore, bleiben somit von der Grundwasserabsenkung unberührt.

---

Insgesamt gelang es nach Darstellung des geologischen Aufbaus des Talquartärs sowohl die natürlichen Verhältnisse der Grundwasserströmung abzuleiten, wie auch das Ausmaß der durch flußbauliche Maßnahmen aufgetretenen Veränderungen im Grundwasserkörper geologisch zu begründen.

## Abkürzungen

Gewässerkundliche Hauptzahlen (nach DIN 4049):

|     |                                                                                                                                  |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| HHW | höchster Hochwasserstand; bisher bekannter<br>höchster Wert                                                                      |
| HW  | Hochwasserstand; höchster Wert innerhalb eines<br>bestimmten, anzugebenden Zeitraumes                                            |
| MHW | mittlerer Hochwasserstand; arithmetisches Mittel<br>der Höchststände verschiedener Abflußjahre                                   |
| MW  | Mittelwasserstand; arithmetisches Mittel der Haupt-<br>beobachtungen im betrachteten Zeitraum                                    |
| MNW | mittlerer Niedrigwasserstand; entsprechend MHW                                                                                   |
| NW  | Niedrigwasserstand; entsprechend HW                                                                                              |
| NNW | niedrigster Niedrigwasserstand; entsprechend HHW                                                                                 |
| - W | (s.oben) bezeichnet den Wasserstand in cm bezogen<br>auf Pegelnull (Oberflächenwasser und Grundwasser)                           |
| - Q | bezeichnet analog obigen Erläuterungen den Abfluß<br>eines Oberflächengewässers durch einen bestimmten<br>Querschnitt in $m^3/s$ |

---

Die in Abbildungen wie auch im Text im Zusammenhang mit  
gewässerkundlichen Begriffen angegebenen Jahreszahlen sind  
als hydrologische Jahre (1. Nov.- 31. Okt.) zu verstehen.

## Literaturverzeichnis

- APIN, E.: Geologische und granulometrische Untersuchungen auf den Kartenblättern Dingolfing W (7340) und Mengkofen-Südhälfte (7240).- 62 S., Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. München 1967. (unveröffentlicht).
- BÄHR, W.: Erfahrungen mit Abdichtmaßnahmen an Wasserbauten.- Die Wasserwirtschaft, 58, (2), S.33-39, Stuttgart 1968.
- BATSCHKE, H.: Geologische Untersuchungen in der Oberen Süßwassermolasse Ostniederbayerns.- Geol. Jb., Beih. 26, S.261-307, Hannover 1957.
- BAUER, F.: Der Geschiebehaushalt der bayerischen Donau im Wandel wasserbaulicher Maßnahmen.- Die Wasserwirtschaft, 55, (5), S.145-154, Stuttgart 1965.
- Die Reaktivierung der Geschiebeführung beim Hochwasser 1965; aufgezeigt am Beispiel der Isar.- Probleme der Gewässergestaltung. Niederschrift über die Besprechung am 25.10.1966 in München, Bayer. Landesstelle f. Gewässerkunde, S.83-109, München 1966.
- BAUER, F., u. J. BURZ: Der Einfluß der Feststoffführung alpiner Gewässer auf die Stauraumverlandung und Flußbetteintiefung.- Die Wasserwirtschaft, 58, (4), S.114-121, Stuttgart 1968.
- BAUER, K.-H.: Die Veränderungen im Grundwasserstrom durch Staustufen und Wasserverluste aus dem Stauraum in weiten Tälern mit alluvialer Füllung.- 79 S., Diss. Karlsruhe 1954.
- BAYERISCHE LANDESSTELLE für GEWÄSSERKUNDE: Karten der Grundwasserhöhengleichen im Isartal zwischen Landshut und Dingolfing. Mit Erl.- 11 S., München 1971. (unveröff.)
- BAYERISCHES LANDESAMT für WASSERVERSORGUNG und GEWÄSSERSCHUTZ: Gewässerschutz in Bayern.- 132 S., München 1972.
- BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM des INNERN, MINISTERIALBAU-ABTEILUNG: Denkschrift über den Ausbau der öffentlichen Flüsse in Bayern. Nach dem Stand vom 31. März 1931.- 198,10 S., München (Wolf) 1931.

- BERCHEM, H.-R.v.: Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen auf Blatt Dingolfing Ost (7341) und Hälfte Blatt Pilsting (7241).- 44 S., Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. München 1966. (unveröffentlicht).
- BEYER, W.: Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit von Kiesen und Sanden aus der Kornverteilungskurve.- WWT, 14, (6), S.165-168, Berlin 1964.
- BLISSENBACH, E.: Die jungtertiäre Grobschotterschüttung im Osten des bayerischen Molassetroges.- Geol. Jb., Beih. 26, S.9-48, Hannover 1957.
- BREITENÖDER, M.: Versickerungserscheinungen an einem hochgestauten Fluß.- Die Wasserwirtschaft, 44, (5), S.113-119, Stuttgart 1954.
- BRUNNACKER, K.: Zur Kenntnis des Spät- und Postglazials in Bayern.- Geol. Bavarica, 43, S.74-150, München 1959.
- Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern, 1 : 25 000. Blatt Nr. 7637, Freising Süd.- 94 S., München 1959.
- BRUNNACKER, K., u.a.: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern, 1 : 25 000. Blatt Nr. 7736, Ismaning.- 99 S., München 1964.
- BÜDEL, J.: Diluvial-Geologie und Klima.- Geol. Rdsch., 34, S.482-519, Stuttgart 1944.
- Klima-genetische Geomorphologie.- Geogr. Rdsch., 15, S.269-285, Stuttgart 1963.
- DENNER, J.: Untersuchung der Gesetzmäßigkeit in den Beziehungen zwischen Grundwasser und Niederschlag in längeren Zeitspannen und der Möglichkeit einer Grundwasserstandsvorhersage unter besonderer Berücksichtigung der Trockenperioden.- Dt. gewässerkd. Mitt., 9, (4), S.73-85, Koblenz 1965.
- DIELER, H., E. DIESEL u. J. GROSSSTEINBECK: Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Grund- und Flußwasser im Rheintal bei Köln.- Geol. Mitt., 3, (4), S.313-338, Aachen 1964.
- ERTL, O.: Gestaltungsvorgänge in der Isar unterhalb Landshut. Gutachten, Bayernwerk AG.- 46 S., München 1957. (unveröffentlicht).

- FORSTAMT LANDSHUT: Standortserkundung. Stand: 1.1.1963.  
(unveröffentlicht).
- FRITSCH, W.: Über den gegenwärtigen Gütezustand der Gewässer im deutschen Alpen- und Voralpengebiet.- Die Wasserwirtschaft, 61, (1), S.5-11, Stuttgart 1971.
- GEBHARDT, P.: Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen auf Blatt Aham (7440), Niederbayern.- 93 S., Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. München 1964. (unveröff.)
- GRUBER, Chr.: Die Isar nach ihrer Entwicklung und ihren hydrologischen Verhältnissen.- München 1889. (Jber. Städt. Handelsschule München, 21, wiss. Beil.)
- GUINOVART, J. M. Compte, u. E. CUSTODIO: Einfluß von Stauanlagen auf Güte und Menge des Grundwassers.- GWF (Wasser - Abwasser), 110, (46), S.1281, München 1969.
- HEINDEL, K.: Die Umgestaltung der Isar durch den Menschen.- 130 S., Diss. München 1936.
- HOFMANN, B.: Erläuterungen zur Bodenkarte von Bayern, 1 : 25 000. Blatt Nr. 7439, Landshut Ost.- 128 S., München 1966.
- HOLZ, H.-W.: Beeinflussung des Grundwassers durch Stauanlagen in Flüssen. Vortrag.- Tagung Hydrogeol. u. Hydrogeochem. v. 20.-24. April 1970 in Krefeld. Kurzfassungen der Vorträge, S.3, Krefeld 1970.
- JÄCKLI, H.: Beziehungen zwischen Grundwasser und Oberflächenwasser bei Flußkraftwerken.- Ass. Int. Hydrogéol., Mém. Congr. Int. Géol., 7 (1965), S.187-190, Hannover 1967.
- KERN, H.: Niederschlags-, Verdunstungs- und Abflußkarten von Bayern (Jahresmittel 1901/1951).- 12 S., München 1954.
- KLAPP, E.: Wasserkraftausnutzung an der Unteren Isar. Gutachten über den Einfluß auf die Landwirtschaft.- 62 S., Landshut (WWA) 1949. (unveröffentlicht).
- MAULL, O.: Handbuch der Geomorphologie.- 2.Aufl., XI, 600 S., Wien (Deuticke) 1958.
- MEIER, G.: Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen auf Blatt Landshut West (7438), Niederbayern.- 75 S., Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. München 1965. (unveröffentlicht).

- NEUMAIER, F.: Bericht über Grundwassermessungen auf dem Gelände des geplanten Kernkraftwerkes Ohu. Gutachten.- 7 S., München 1971. (unveröffentlicht).
- RICHTER, W.: Zur Flußbettumbildung unterhalb von Flußkraftwerken.- 74 S., Diss. TU Berlin 1964.
- SCHAEFER, I.: Münchener Ebene und Isartal.- Mitt. Geogr. Ges. München, 53, S.175-203, München 1968.
- SCHEURMANN, K.: Die Grundwasserbewegung in einer Talalluvion, dargestellt am Beispiel der Stadt Landshut.- XV,46 S., München 1970. (Schriftenr. d. Bayer. Landesstelle f. Gewässerkunde. 3.)
- SCHIRM, E.: Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen auf Blatt Landshut Ost (7439), Niederbayern.- 114 S., Dipl.-Arb. Geol. Inst. Univ. München 1964. (unveröffentlicht).
- SCHMEING, F.: Beeinflussung des Grundwassers durch mineralische Düngemittel und Ablagerung. Vortrag.- Niederschr. über d. 5. Sitzung d. Beirats f. Fragen d. Bodengesundheit am 20.2.1970 im Bayer. Staatsmin. f. Ernährung, Landwirtschaft u. Forsten, S.3-4, München 1970. (unveröffentlicht).
- SCHOKLITSCH, A.: Handbuch des Wasserbaues.- 2.Aufl., 2 Bde., X,1072 S., Wien (Springer) 1950-52.
- SCHROEDER, M.: Drei Methoden zur Bestimmung der Abhängigkeit des Grundwassers vom Vorflutwasserstand.- Die Wasserwirtschaft, 57, (5), S.205-208, Stuttgart 1967.
- SEDLMAIR, G.: Beitrag zur Frage der Grenzscheppspannung, erläutert am Beispiel der Unteren Isar.- 57 S., Diss. TU München 1970.
- TROLL, C.: Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der deutschen Alpen.- Forsch. dt. Landes- u. Volkskde., 24, S.158-256, Stuttgart 1926.
- VOIGTLÄNDER, W.: Der wachsende Stein in Usterling.- Ber. Naturwiss. Ver. Landshut, 25, S.9-26, Landshut 1968.
- WASSERWIRTSCHAFTSAMT LANDSHUT: Hochwasserfreilegung des Stadtgebietes von Landshut. Bauzeit 1948-1955. Denkschrift.- Landshut 1957.
- WECHMANN, A.: Hydrologie.- 534 S., München (Oldenbourg) 1964.

- WEBER, G.: Beeinflussung von Grundwasser durch Stauanlagen.- Gewässerreinigung, S.43-51, Wien 1962. (Schriftenr. ÖWWV. 44.)
- WOHLRAB, B., u. K. BOHN: Wechselbeziehungen zwischen Fluß- und Grundwasserständen am Niederrhein.- Die Wasserwirtschaft, 47, (3), S.53-59, Stuttgart 1956.
- WOLFSKEHL, O.: Qualitative Veränderung des Grundwassers durch Stauhaltungen.- GWF (Wasser - Abwasser), 111, (10), S.548-554, München 1970.

#### Literatur zu Kap. II.2.3.:

- APIAN, Ph.: Beschreibung des Hochloblichen Fürstenthums Oberrhein und Niederrhein. 1566. Faks.-Ausg. nach e. Stich v. Peter Weiner aus d. Jahr 1579.- München 1962.
- POLLINGER, J.: Die Ortsnamen des Bezirksamts Dingolfing.- Verhandl. Histor. Ver. Niederbayern, 40, S.35-130, Regensburg 1904.
- Die Ortsnamen der Landshuter Gegend.- Verhandl. Histor. Ver. Niederbayern, 34, S.59-200, Regensburg 1898.
- SPITZLBERGER, G.: Aus der Vor- und Frühzeit Südbayerns.- 130 S., Landshut 1967.

#### Kartenmaterial:

- Geologische Karte von Bayern 1:25000. Bl.Nr. 7636, Freising Süd. Bearb.: K. Brunnacker. München 1959.
- Geologische Karte von Bayern 1:25000, Bl.Nr. 7736, Ismaning. Bearb.: K. Brunnacker u.a. München 1964.
- Geologische Karte von Bayern 1:25000. Bl.Nr. 7439, Landshut Ost. Bearb.: B. Hofmann. (Vordruck).
- Geologische Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300 000. München 1955.
- Bodenkarte von Bayern 1:25000. Bl.Nr. 7439, Landshut Ost. Bearb.: B. Hofmann. München 1966.
- Karte des östlichen Isarmooses 1:25000. Bearb.: Gully. München 1902.



## Lebenslauf

Am 12. Februar 1944 wurde ich als Sohn des Forstassessors Josef Weinig und seiner Ehefrau Ruth, geb. Diem in Marktbreit geboren.

Nach dem Besuch der Volksschule in Hain i.Sp. und Eltmann a.Main trat ich 1955 in das Humanistische Gymnasium in Haßfurt ein. 1960 wechselte ich an das Wirsberggymnasium in Würzburg über und legte dort 1964 das Abitur ab.

Im gleichen Jahr begann ich an der Universität Würzburg das Studium der Geologie. Nach der Diplom-Vorprüfung setzte ich das Studium an der Universität München fort, wo ich im Mai 1969 das Diplomexamen ablegte.

Nach einer lagerstättenkundlichen Kartierung in Norwegen begann ich im Frühjahr 1970 mit der vorliegenden hydrogeologischen Promotionsarbeit.







